

ANDRÉ LUIZ ALBERTI

**VARIABILIDADE DAS CORRENTES COSTEIRAS DA
PLATAFORMA INTERNA RASA, NO BALNEÁRIO DE
SHANGRILÁ – PR**

PONTAL DO PARANÁ

2010

ANDRÉ LUIZ ALBERTI

VARIABILIDADE DAS CORRENTES COSTEIRAS DA
PLATAFORMA INTERNA RASA, NO BALNEÁRIO DE SHANGRILÁ
– PR

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Costeiros e Oceânicos, Área de Concentração em Dinâmica Oceânica e Costeira, Centro de Estudos do Mar, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientador: Prof^o Dr. Maurício Almeida Noernberg

PONTAL DO PARANÁ

2010

Dedico aos meus pais e à minha irmã.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por estar aqui, pela minha vida, minha saúde e minha família.

Agradeço à minha família (pai, mãe, Andressa, Juliano, Gabriel e “Felepi”, meu afilhado) pela oportunidade de estudar, por todo apoio, incentivo, confiança, risadas, distrações e tudo mais. Não estaria aqui se não fosse por eles.

Agradeço a Lizi, por todos estes anos juntos, sempre me apoiando, me ajudando, me incentivando, me cuidando, me amando. Também não estaria aqui se não fosse por ela. Você sabe quanto é especial e única para mim.

Agradeço a D. Maria Luiza, ao S. Luiz, Luiza, Luani, Livia, Leandro e Matheus, também afilhado, pelo apoio e ajuda nestes últimos anos.

Agradeço ao Professor Mauricio Noernberg, pela orientação, oportunidade, apoio, crédito, ensinamentos e também pela calma e paciência durante estes dois últimos anos, os quais o importunei muitas vezes com muitas dúvidas, que ainda não acabaram.

Agradeço a banca, Profº Dr. Osmar Olinto Möller Jr, pelo aceite de ser banca, sua disponibilidade e suas correções, e também ao Profº Dr. Eduardo Marone, também pelos mesmos motivos citados acima além, é claro, de todas as ajudas e conversas antes da entrega do trabalho.

Agradeço ao Joaquim e Wilian, que me ajudaram muitas vezes com dúvidas que eu tinha sobre o Matlab, facilitando e muito o meu trabalho.

Agradeço a Pâm e ao Marama, que nos acolheram em sua casa quando voltamos para Pontal e por todas as conversas, ajudas, risos e brincadeiras...voltar ficou bem mais fácil assim.

Agradeço aos meus amigos Glauco e Rodrigo por estes dois anos de convivência, de conversas, risadas, apoios, viagens, brincadeiras, futebolis e tudo mais que fizemos juntos. Espero manter para sempre a nossa amizade, que foi uma das coisas mais importantes deste mestrado para mim.

Agradeço a todos que eu já conhecia anteriormente no CEM, mas estes dois anos me deram a oportunidade novamente de conversar, rir e aprender. Em especial, a Carol, ao Luiz, a Rafa Zem, a Tice, ao Marcelo Gabriolo, ao Birigui, Vader, Fabian, Byanka e Clécio.

Agradeço também as novas meninas da Química, Geologia e Biologia que nestes dois anos me fizeram rir muito: Dininha, Marília, Tati, Andressa, Sabrina, Mariana, Mariana Tramuja e Fernanda.

Ao pessoal do laboratório de Física Marinha: Lari, Carol, Raissa, Douglas, Bruno, Eduardo, Noele e Deco aos quais ajudei e me ajudaram neste tempo.

Agradeço ao Mineiro, Boca e ao pessoal do futebol semanal, pela importante distração.

A Associação MarBrasil, pela oportunidade e confiança no meu trabalho que infelizmente não pode ser completado. Em especial ao Fernando Abo, pela oportunidade e confiança em mim e no meu trabalho, durante coletas e consultorias para diversos projetos.

A todos que me ajudaram nestes dois anos no CEM.

A verdade é que o coração ia alegre e impaciente, pensando nas horas felizes de outrora e nas que haviam de vir. Ao passar pela praia, olhou para o mar,... até onde a água e o céu dão um abraço infinito, e teve assim uma sensação do futuro, longo, longo, interminável.

(Machado de Assis)

RESUMO

O presente trabalho caracteriza as correntes e os parâmetros de ondas na costa adjacente à desembocadura sul do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP). A área estudada apresenta uma dinâmica complexa, uma vez que é localizado em um grande estuário que apresenta uma costa com ondas relativamente elevadas, com altura significativa média de 1,11m e altura máxima de 5,44m. O trabalho objetiva avaliar a resposta das correntes em relação ao vento, ondas, marés e frentes frias. Foram utilizados dados de uma estação meteorológica e uma maregráfica, localizadas na desembocadura do CEP. A caracterização dos parâmetros de ondas e das correntes foi obtida através de correntômetro/ondômetro direcional eletromagnético InterOcean S4, fundeado entre outubro de 2006 e janeiro de 2008 na isóbata de 10 m ao largo do Balneário de Shangrilá. Os dados de corrente foram rotacionados em relação à linha de costa e filtrados (filtro de lanczos-cosseno) para eliminar o efeito da maré. As correntes apresentaram significativa variabilidade mensal na sua direção e intensidade, com velocidades médias mensais variando de 9 cm/s (dezembro de 2006) a 50 cm/s (outubro de 2007) e direção de incidência das correntes ocorrendo principalmente no quadrante N/NE. Apesar da direção estar diretamente relacionada com a passagem de sistemas frontais, a intensidade das correntes não sofre influência direta dos ventos e também não apresenta relação direta com a altura significativa das ondas. Esta menor correlação com influência dos ventos parece estar relacionada com a profundidade e localização do fundeio, realizado sobre uma mudança brusca da isóbata local e mesmo influência das desembocaduras das baías de Paranaguá e Guaratuba na região. Ao contrário das correntes, a temperatura da água está diretamente relacionada ao aumento da velocidade dos ventos, que é causada pela passagem de sistemas frontais, sendo esta mudança de temperatura dependente da variabilidade sazonal, trazendo águas mais geladas no período do inverno e águas mais quentes durante o verão.

ABSTRACT

This work describes the current and the parameters of waves on the adjacent shore to the southern outlet of the Estuarine Complex of Paranaguá (CEP). This studied area presents a complex dynamic, since it is located in a large estuary that has a coastline with relatively high waves, with an average significant wave height of 1.11 m and maximum height of 5.44 m. This work aims us to investigate the current's response regarding the wind, waves, tides and cold fronts. We employed data from a weather station and a tide gauge located at the mouth of the CEP. The characterization parameters of waves and currents was obtained from Wave-Current Meter directional electromagnetic InterOcean S4, mooring between October 2006 and January 2008 in the 10 m isobath off the balneario of Shangrila. The current data were rotated in relation to the coastline and filtered (Lanczos-cosine filter) to eliminate the effect of the tide. The currents presented significant monthly variability in their direction and intensity, with per month average speeds ranging from 9 cm/s (December 2006) to 50 cm/s (October 2007) and incidence direction of the currents occurring mainly in quadrant N/NE. Although the direction is directly related to the passage of frontal systems, the intensity of the currents is not directly influenced by the winds and also has no direct relationship with the significant wave height. This lower correlation with the influence of the wind seems to be related to depth and location of the mooring, performed on an abrupt change of depth local and even influence of the mouths of Paranaguá and Guaratuba bays in the region. As opposed to the current, water temperature is directly related to increases of winds speed that is caused by the passage of frontal systems, being this change of temperature dependent seasonal variation, carrying cooler waters in winter and warmer waters during the summer.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	05
FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE COLETA DOS FUNDEIOS: BALNEÁRIO DE SHANGRILÁ-PR.....	10
FIGURA 3 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.....	16
FIGURA 4 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE.....	17
FIGURA 5 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO.....	18
FIGURA 6 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.....	19
FIGURA 7 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.....	20
FIGURA 8 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO. (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURAS SIGNIFICATIVAS MAIORES QUE 2M.....	22
FIGURA 09 – SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR.....	23
FIGURA 10 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.....	24
FIGURA 11 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.....	26
FIGURA 12 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL.....	27
FIGURA 13 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE.....	29
FIGURA 14 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.....	31
FIGURA 15 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE.....	32
FIGURA 16 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO.....	33
FIGURA 17 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.....	34
FIGURA 18 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.....	35

FIGURA 19 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO. (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E A DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURAS MAIORES QUE 2M.....	36
FIGURA 20- SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR.....	38
FIGURA 21- CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.....	38
FIGURA 22 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.....	39
FIGURA 23 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA (T <40 H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA (T <40 H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL.....	40
FIGURA 24 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE.....	42
FIGURA 25- DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.....	43
FIGURA 26 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE.....	44
FIGURA 27 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO.....	45
FIGURA 28- ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.....	46
FIGURA 29 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.....	47
FIGURA 30 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.....	49
FIGURA 31 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.....	50
FIGURA 32 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.....	52
FIGURA 33 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA (T <40 H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA (T <40 H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL.....	53
FIGURA 34 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE.....	55
FIGURA 35 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.....	56

FIGURA 36 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM FLUXOS PARA O SUL, POSITIVOS PARA O NORTE.....	57
FIGURA 37 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO.....	58
FIGURA 38 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.....	59
FIGURA 39 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.....	60
FIGURA 40 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO. (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E A DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURA MAIOR QUE 2M.....	61
FIGURA 41 - SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR.....	62
FIGURA 42 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.....	63
FIGURA 43 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.....	64
FIGURA 44 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL.....	65
FIGURA 45 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE.....	67
FIGURA 46 - MAPA BATIMÉTRICO DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO ESTADO DO PARANÁ E SANTA CATARINA: (1) ESTRANGULAMENTO NA FAIXA DE PROFUNDIDADE DE 34-44 M; (2) PLATÔS; (3) MAIOR INFLEXÃO; (4) MENOR INFLEXÃO.....	83

LISTA DE TABELAS

TABELA 1– CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO.....	11
TABELA 2 – PROGRAMAÇÃO DAS MEDIDAS DE CORRENTES E ONDAS PARA CADA FUNDEIO	11
TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.....	28
TABELA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.....	40
TABELA 5 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.....	54
TABELA 6 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.....	67
TABELA 7 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DAS CORRENTES	72
TABELA 8 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DAS CORRENTES	73

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	v
RESUMO	vii
ABSTRACT	viii
LISTA DE FIGURAS	ix
LISTA DE TABELAS	xii
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	4
1.2 Área de Estudo	5
2. MATERIAL E MÉTODOS	10
2.1 Correntes	12
2.2 Ondas	13
2.3 Ventos	13
2.4 Correntes, Ondas e Ventos	14
3. RESULTADOS	16
3.1 Fundeio 1 – (11/10/2006 – 09/12/2006)	16
3.1.1 Baixa Freqüência	20
3.1.2 Alta Freqüência	27
3.2 Fundeio 2 – (16/03/2007 – 14/05/2007)	30
3.2.1 Baixa Freqüência	34
3.2.2 Alta Freqüência	39
3.3 Fundeio 3 – (21/08/2007 – 13/10/2007)	42
3.3.1 Baixa freqüência	46
3.3.2 Alta Freqüência	53
3.4 Fundeio 4 (01/11/2007 – 21/01/2008)	56
3.4.1 Baixa freqüência	60
3.4.2 Alta Freqüência	65
4. DISCUSSÃO	69
4.1 Ventos e Ondas	69
4.2 Correntes	71
4.3 Temperatura	81
4.4 Salinidade	82
4.5 Outros processos	83
5. CONCLUSÕES	87
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

1. INTRODUÇÃO

A plataforma continental corresponde á área situada entre a linha média de baixa-mar e a profundidade em que a inclinação do assoalho marinho passa a ser bem mais acentuada. Dentro desta vasta área, distingui-se uma porção mais distante da costa e uma porção mais próxima, a plataforma externa e interna, respectivamente.

Estas delimitações da plataforma, na oceanografia física, são feitas em função das características termohalinas e dinâmicas da coluna d'água sobre cada um dos setores da plataforma, sendo que este limite não é fixo e muda com a variabilidade destas características (COSTA, 2009). Contudo, a delimitação da plataforma interna, para a geologia, pode ser definida como a região que se estende imediatamente após a zona de surf até onde as ondas normalmente ou freqüentemente atingem o fundo (WRIGHT, 1995).

Estes ambientes costeiros são extremamente dinâmicos, uma vez que mudanças significativas podem ocorrer em períodos de dias, meses ou anos e neles convergem processos terrestres, oceânicos e atmosféricos, que alteram constantemente suas características.

Esta dinâmica é muito particular devido à interação de ondas, marés, correntes litorâneas e processos atmosféricos, os quais conferem considerável dificuldade ao entendimento dos processos atuantes nessas áreas. Estas interações são responsáveis pelas principais mudanças na configuração costeira e estão relacionadas à zona de surf e aos processos de ação de ondas na plataforma continental próxima, pois esta última modula as forças hidrodinâmicas que controlam estes processos. Nestas áreas, os processos de transporte são mais intensos do que em áreas profundas da costa, devido às pequenas profundidades que expõem o fundo oceânico às ondas (WRIGHT, 1995).

Segundo este mesmo autor, a forma da costa e as mudanças ocorridas nela são uma resposta à fricção causada pelo movimento dos fluidos próximo ao fundo e de seus gradientes ao longo do tempo e espaço, sendo esta fricção

causada principalmente pelas ondas e correntes geradas por ondas, que são geradas pelos ventos.

Na maior parte da plataforma continental, os processos com escala temporal variando entre semidiurna (12h), sazonal, anual e de longo termo são determinantes nos mecanismos de transporte de água, organismos e substâncias dissolvidas ou em suspensão, sendo estas naturais ou introduzidas pelo homem (CASTRO *et al.*, 2006).

Com exceção da corrente de maré, as principais fontes geradoras desses movimentos podem estar associadas ao regime de ventos e aos efeitos produzidos por correntes de borda, além de eventuais processos ligados a flutuabilidade introduzida por descargas menos salinas (COSTA, 2009).

Em áreas extratropicais, o vento tende a atuar em escala sinótica (variabilidade atmosférica) relacionada ao período de 2 a 15 dias e os fluxos são forçados pela passagem de sistemas frontais (CASTRO & LEE, 1995). Efeitos locais e remotos do vento também podem induzir padrões de circulação (ZAVIALOV *et al.*, 2002). Assim, as correntes geradas por ondas mudam constantemente de acordo com as mudanças dos ventos e a magnitude destas correntes de deriva depende da altura e do ângulo de incidência dos trens de ondas em relação à linha de costa (BROWN *et al.*, 1997).

As correntes de deriva são consideradas agentes de transporte e responsáveis pelo retrabalhamento dos sedimentos, principalmente na zona de surfe, onde há grande quantidade de partículas em suspensão. Como dependem diretamente do regime de ondas, essas correntes sofrem grandes variações, podendo ter seu sentido invertido ou, até mesmo, desaparecer em determinados períodos, embora haja sempre um sentido preferencial que atua com maior intensidade em um trecho específico da costa.

Como dito anteriormente, as costas dominadas por ondas são, caracteristicamente, muito dinâmicas, com a configuração do fundo arenoso sob águas pouco profundas sendo constantemente modificadas pelas variações na intensidade de energia das ondas, comprimento, frequência e ângulo de incidência com a linha de costa. Esta interação dos movimentos oscilatórios das águas

causada pelas ondas com os sedimentos do fundo, geralmente restringe-se entre os 5 e 15 m de profundidade em períodos de bom tempo, porém, a ação de ondas de tempestade pode afetar regiões muito mais profundas (WRIGHT, 1995).

Pode-se ainda mencionar as correntes oceânicas, de marés e de densidade (variações na salinidade e temperatura), como agentes dinâmicos importantes operando em ambientes de águas marinhas rasas (KOMAR, 1998).

Devido a esse grande número de processos e alta dinâmica, a compreensão dos processos oceanográficos costeiros locais e de curto período é essencial, uma vez que o que observamos é apenas o resultado do somatório de todos estes processos, dificultando a compreensão da dinâmica das zonas costeiras. Ademais, freqüentemente processos de diferentes escalas temporais e espaciais contribuem para um determinado efeito ou resultado, como, por exemplo: a) intensidade e direção das correntes costeiras; b) características das ondas e marés; c) balanço de sedimentos de uma determinada área costeira; d) modificações de uma praia durante as tempestades e; e) sua recuperação durante períodos de ondas de bom tempo (ANGULO, 2004).

Além disso, problemas causados por intensas correntes costeiras, que associadas às ondas causam erosões em áreas litorâneas, como destruição de construções a beira-mar, assoreamento de portos e canais de navegação, ou no auxílio a determinação de sítios de lançamentos de sedimentos dragados, comprovam a importância do conhecimento dos diferentes processos envolvidos na dinâmica deste ambiente (COSTA, 2009).

Embora diversos autores também tenham relatado a importância da plataforma interna rasa (ZAVIALOV *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2004; VEIGA, 2005; LAMOUR, 2007; NOERNBERG *et al.*, 2007) a existência de dados a respeito de correntes costeiras e de suas forçantes (como ação do vento e o clima de ondas) sobre a circulação da mesma ainda é escassa. Desta forma, este estudo pretende contribuir e suprir algumas destas lacunas de dados existentes no litoral paranaense.

1.1 Objetivos

O objetivo geral deste estudo é caracterizar a circulação costeira da região do Balneário de Shangrilá entre novembro de 2006 a janeiro de 2008.

Para cumprir com tal objetivo, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

- Avaliar a variabilidade das correntes em relação ao vento, marés e eventos de alta energia;
- Determinar os padrões das correntes costeiras, ao longo e transversalmente à costa durante o período de fundeio.

1.2 Área de Estudo

A costa do Estado do Paraná estende-se por aproximadamente 100 km na direção NE-SW, entre as coordenadas 25° 20' – 25° 55' de latitude sul e 48° 10' – 48° 35' de longitude oeste (Figura 1). Segundo ANGULO (1993), esta é predominantemente arenosa, interrompida apenas por alguns pontais rochosos e pelas desembocaduras das baías de Guaratuba e de Paranaguá.

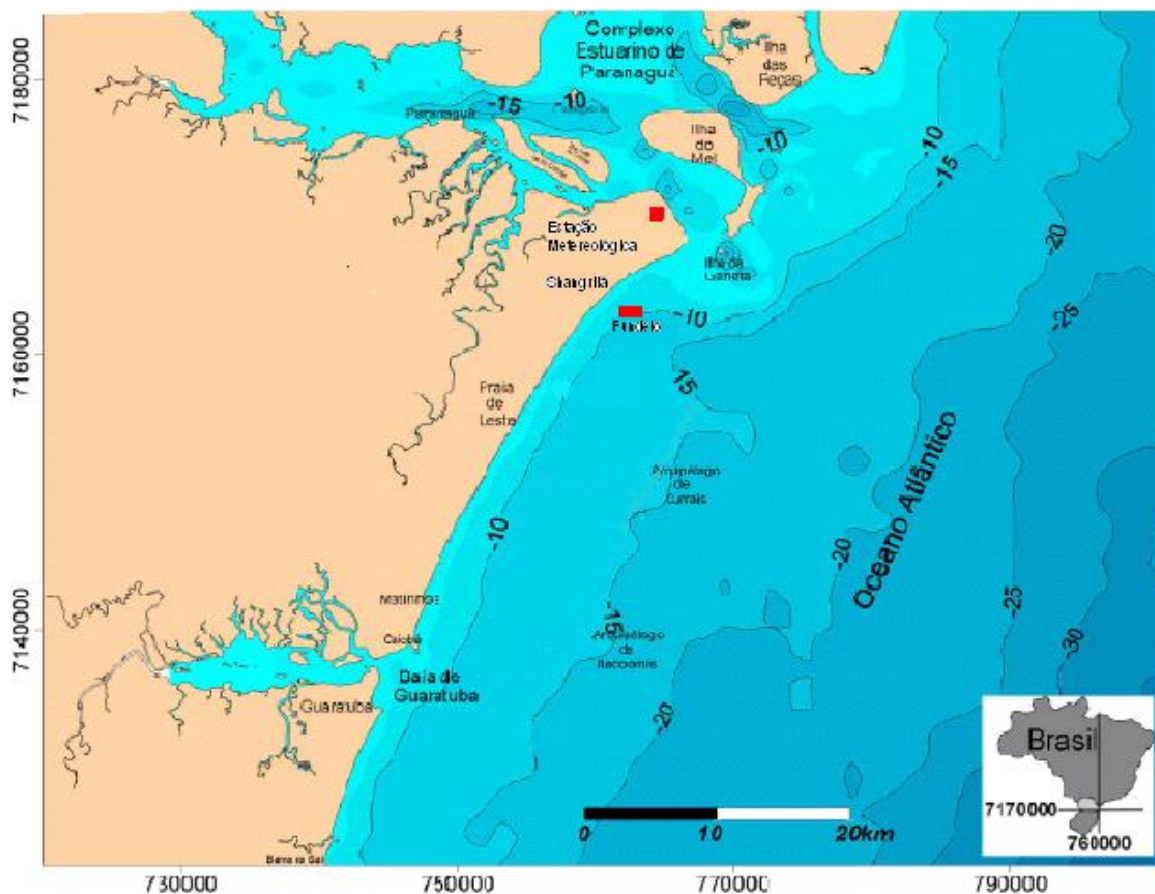


FIGURA 01 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

FONTE: ADAPTADO DE VEIGA (2005).

O presente estudo se concentra em uma praia oceânica que apresenta influência significativa direta das desembocaduras estuarinas. As praias oceânicas são dominadas por ondas e correntes de deriva litorânea, estando associadas, principalmente, às praias arenosas, que apresentam processos de sedimentação

sazonais (ANGULO, 1996), sendo caracterizadas por regime de micromaré com variações de nível de aproximadamente 1,5 m (MARONE & CAMARGO, 1994).

Estudos de ondas sobre a região da plataforma interna paranaense são esparsos, sendo o primeiro realizado entre abril de 1972 e março de 1973, por BANDEIRA (1974), utilizando um ondógrafo, fundeado a 10 m de profundidade, em frente à Praia de Leste. Este compreendia parte dos estudos efetuados para a dragagem do canal de acesso ao Porto de Paranaguá, onde o autor encontrou que as ondas são mais longas de abril a agosto (períodos maiores que 5s e máximos de 10s) e mais curtas entre setembro e março (períodos entre 3 e 5s), provindo dos dois lados da normal à praia, não tendo uma variação nítida durante o ano. As alturas máximas e significativas são respectivamente de 1,0m e 0,8m, enquanto que os períodos mais freqüentes são de 5 a 6s e a direção de incidência mais freqüente é de 120° SE.

Outro estudo, realizado entre agosto e dezembro de 1982, utilizou um ondógrafo instalado entre a Praia de Leste e o arquipélago de Currais, revelando que as ondas mais altas provêm do quadrante SE e a existência de dois trens de ondas preferenciais, provenientes das direções ENE e SSE/SE (PORTOBRAS, 1983). Os azimutes de frente de ondas observados neste levantamento referem-se a dois sistemas distintos de geração de ondas, onde em um deles a direção ENE é gerada pela atuação associada ao anticiclone tropical do Atlântico Sul, caracterizando ondas bastante regulares e de tamanho intermediário. No outro a direção SSE/SE se relaciona à passagem de sistemas meteorológicos que ocasionam a formação de “ondas de tempestade”, apresentando estas uma altura média de 1,8m e período médio de 11s (PORTOBRAS, 1983).

O levantamento realizado por MARONE *et al.*, (1997), se refere às ondas que adentram o Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP), pelo setor da Ilha da Galheta e Balneário Pontal do Sul, onde no verão estas apresentam altura significativa de 0,5-0,25m e períodos de 7 e 12s, respectivamente, sendo a direção predominante a de SE. Para o período de inverno as ondas apresentam alturas significativas menores que 0,3m e período médio de 5s, sendo S-SE a direção principal de chegada de ondas.

LIMA (2008), utilizando os mesmos dados de ondas presentes no atual trabalho, fez uso dos parâmetros tais como altura significativa (H_s), altura máxima (H_{max}), período significativo (T_s), período de pico (T_p), período máximo (T_{max}) e direção de ondas (θ), com o objetivo de simular o clima de ondas da Praia Brava de Matinhos, como consequência da mudança na batimetria promovida pela implantação de um recife artificial. Este utilizou apenas um momento do registro dos dados de ondas, isto é, considerou o momento em que os parâmetros de altura e período possuíram valores mais elevados, caracterizando uma condição de tempestade bem definida na costa.

MARTINS *et al.*, (2004) realizou um estudo na região da praia de Atami (entre o balneário de Pontal do Sul e Shangrilá), no município de Pontal do Paraná realizando medições dos parâmetros de ondas durante oito datas entre janeiro de 2000 e junho de 2001, compreendendo um período de 10 a 12 horas, em profundidades que variavam entre 5 e 7m. Os resultados encontrados revelam uma altura significativa máxima de 0,9m, altura máxima de 1,35m e período significativo máximo de 6,3s. Como este foi realizado por um período muito curto e compreendendo apenas condições de mar calmo, os resultados encontrados não servem para caracterizar o clima de ondas no litoral paraense.

Medições de correntes marinhas são ainda mais escassas no litoral paranaense, restringindo-se a apenas alguns trabalhos que caracterizam principalmente a direção preferencial das correntes e, de forma pontual, a intensidade destas correntes.

Entretanto, de forma geral, a circulação da plataforma continental sudeste pode ser dividida em três regiões de acordo com a combinação das forçantes (CASTRO, 1996), sendo: a) correntes na plataforma externa associadas ao fluxo em direção ao sul da corrente do Brasil; b) circulação na região mediana da plataforma, gerada principalmente pelo vento e sofrendo mudanças de direção durante a passagem de sistemas frontais (sul para norte) e; c) circulação na plataforma interna, devido à considerável quantidade de desembocaduras de estuários existentes, fazendo com que o gradiente de pressão baroclínico próximo à costa force as correntes em sentido norte, especialmente durante o inverno

devido à passagem de sistemas frontais; essa direção predominante nas correntes pode ser invertida pela ação persistente do Anticiclone Tropical com seus ventos de direção E e NE (CASTRO *et al.*, 2005).

NOERNBERG (2001), através de imagens de satélites e de dados de correntes obtidos na parte externa do canal de acesso marítimo no CEP, mostrou a importância da ação das ondas na morfodinâmica local. Segundo o autor, isso ocorre devido à grande extensão e baixa declividade da plataforma continental na costa paranaense, que faz com que ondas atuem sobre o fundo arenoso a grandes distâncias da costa, causando ressuspensão dos sedimentos e disponibilizando estes para serem transportados pelas correntes. O estudo também evidencia que o transporte por tração, paralelamente à linha de costa, ocorre quase que exclusivamente em momentos de intensa energia de ondas, quando as correntes de deriva litorânea são intensificadas, sendo estas preferencialmente para o norte.

MARONE *et al.*, (1995), baseados em deslocamentos de garrafas de deriva ao longo da costa paranaense, concluíram que o fluxo principal da corrente de deriva litorânea na região é na direção norte.

Levantamentos das velocidades e direções das correntes, com Acoustic Doppler Profiler (ADP), constataram que as correntes se deslocam para sul nos períodos de vazante do CEP, próximo ao balneário de Pontal do Sul. Na área próxima a Praia de Leste, a direção preferencial das correntes é para norte, devido ao período de estufa da vazante, quando se têm correntes costeiras sem ação da maré. No entanto, cabe ressaltar que os resultados apresentados foram obtidos com apenas um levantamento, sem a presença de uma série temporal (VEIGA *et al.*, 2003).

Casos de agitação marítima acentuada na costa sul brasileira estão relacionadas com a incidência de sistemas frontais. Por sua vez, a evolução destes sistemas está relacionada com a trajetória dos centros de pressão e a ciclogênese, que nesta região é comandada principalmente pelo anticiclone do Atlântico Sul e pelo anticiclone Migratório Polar, que se propaga em direção N e

NE (QUADROS, 2002). Os ventos predominantes são os dos setores ENE, E, ESSE e SE, com intensidade média de 4 m.s^{-1} (CAMARGO & MARONE, 1995).

De acordo com MARTIN (1992) duas estações são bem marcadas: a) quente (temperatura média de $24,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e muito úmida (precipitação mensal média de $227,4 \text{ mm}$), de novembro a março e; b) mais amena (temperatura média de $18,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$) e menos úmida (precipitação mensal média de $111,4 \text{ mm}$), de abril a setembro.

O aporte de água do Complexo Estuarino de Paranaguá, cujas desembocaduras estão um pouco acima do ponto de fundeio, exportam para a área costeira adjacente até $7 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ no período seco e mais de $28 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$ no período chuvoso (MARONE *et al.*, 2005).

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados de correntes e ondas foram coletados por um Correntômetro/ondógrafo InterOcean eletromagnético S4-ADW fundeado ao largo do Balneário de Shangrilá (Lat - 25° 38' 30 "Long - 48°24' 32") (Figura 2), na profundidade de 10 m. A distância entre o fundo oceânico e o correntômetro foi de aproximadamente 0,5 m.

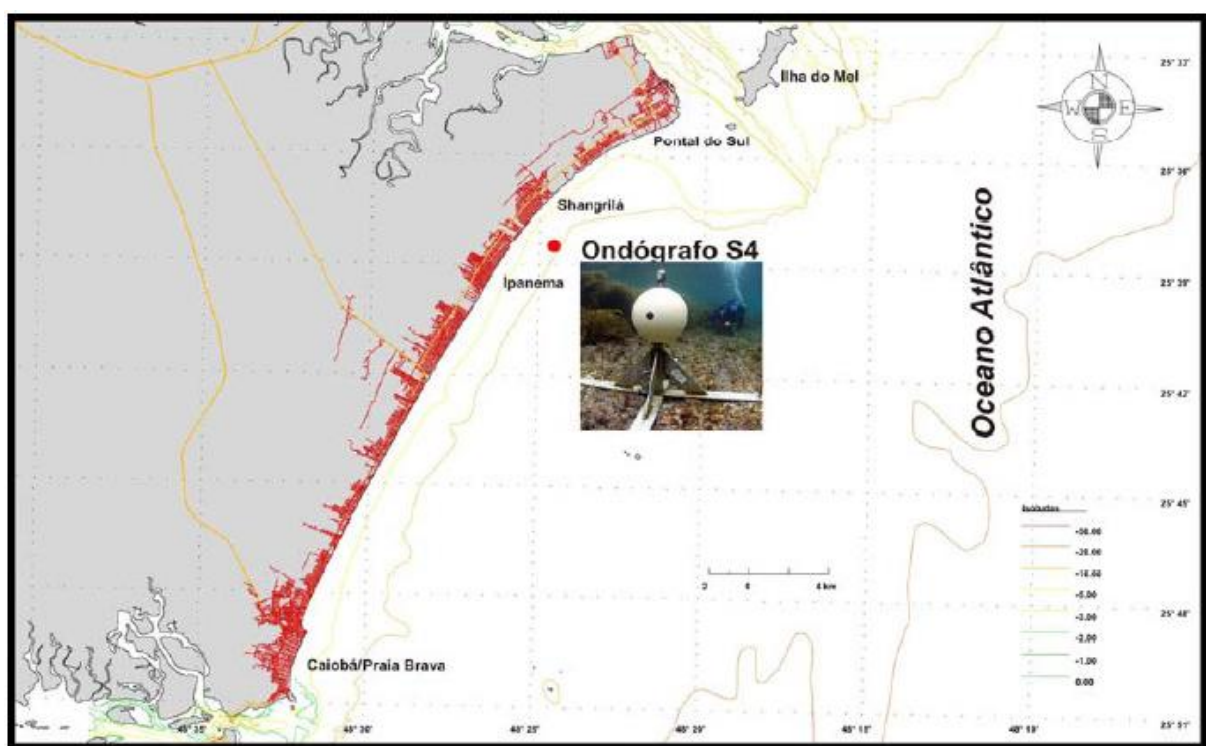


FIGURA 2 - LOCALIZAÇÃO DO PONTO DE COLETA DOS FUNDEIOS: BALNEÁRIO DE SHANGRILÁ-PR.

Na tabela abaixo (Tabela 1), são apresentadas as principais características do equipamento utilizado neste trabalho, e na Tabela 2 informações sobre a programação dos equipamentos para a coleta.

TABELA 1– CARACTERÍSTICAS DO EQUIPAMENTO.

Correntômetro/Ondógrafo		S4-ADW
Velocidade – Correntes	Resolução	0,002m/s
	Exatidão	2% do medido
Direção		$\pm 0,001\text{m/s}$
	Resolução	0,5°
	Exatidão	$\pm 2^\circ$
Ondas	Taxa de Amostragem	2Hz
	Resolução	4 mm de profundidade
	Precisão	0,1% de profundidade
Temperatura	Resolução	0,05° C
	Exatidão	$\pm 0,2^\circ\text{C}$

TABELA 2 – PROGRAMAÇÃO DAS MEDIDAS DE CORRENTES E ONDAS PARA CADA FUNDEIO.

Fundeio - Programação	Fundeio 1	Fundeio 2	Fundeio 3	Fundeio 4
Período de Medidas - Correntes	1 minuto	1 minuto	1 minuto	1 minuto
Período de Medidas - Ondas	18 minutos	18 minutos	18 minutos	18 minutos
Intervalo de Amostragens - Correntes	30 minutos	30 minutos	30 minutos	30 minutos
Intervalo de Amostragens - Ondas	3 horas	3 horas	3 horas	4 horas

Neste trabalho foram utilizadas medidas de intensidade e direção de correntes, medidas de temperatura, condutividade e pressão.

Para medições de correntes este equipamento faz medidas da velocidade e direção da água através do campo eletromagnético criado pelo instrumento, produzindo uma voltagem (gradiente potencial) que é proporcional a magnitude da velocidade da água que passa pelo sensor. Esta voltagem é depois medida por dois pares de eletrodos de titânio localizados simetricamente sobre o equador do sensor.

Para as medições de ondas foi utilizado o princípio de análises de velocidade e direção de correntes, afim de determinar a velocidade orbital dos componentes de bandas de frequência particular, em combinação com a

informação da altura das ondas medidas pelos sensores de pressão, com uma correção de atenuação automática de profundidade. Os dados são convertidos do domínio do tempo para o domínio da frequência e analisados pela técnica da Transformada Rápida de Fourier (FFT). Esta conversão e informação, tanto das direções de ondas, incluindo o espectro de frequência, e o resultado dos processos do S4ADW, são disponibilizados pelo aplicativo “Wave for Windows” da InterOcean.

Todos os dados dos fundeios foram coletados durante o período de outubro de 2006 a janeiro de 2008, nos períodos mencionados anteriormente. Os intervalos durante as coletas ocorreram devido a fatores como limitação de memória do equipamento, bem como limpeza e manutenção destes.

2.1 Correntes

A primeira etapa do processamento dos dados consistiu na verificação de dados inconsistentes, que foram corrigidos ou descartados. As inconsistências corrigidas foram aquelas causadas por uma pequena mudança na profundidade (só ocorreu para o primeiro fundeio), que pode ter sido ocasionada pelo deslocamento da estrutura do fundeio. Outras foram descartadas devido à incrustação de organismos nos sensores, sendo que isto só ocorreu nos sensores de salinidade.

As direções das correntes foram corrigidas da declinação magnética, quando da programação dos equipamentos, e depois rotacionadas em 40° para que ficassem alinhados com a linha de costa, isto é, colocando o norte verdadeiro na mesma direção da linha de costa, de acordo com MIRANDA *et al.*, (2002).

Em seguida os dados de correntes foram decompostos em componente transversal (U) e componente longitudinal (V) em relação à linha de costa.

Neste trabalho, para as componentes longitudinais, os valores positivos das correntes são para N e NE e valores negativos são para S e SE. Já para as componentes transversais, os valores positivos são para L (em direção ao oceano) e negativos para O (em direção a costa).

Para eliminar o sinal da maré foi utilizado um filtro de passa baixa do tipo Lanczos-Cosseno. Este objetivou remover as oscilações de alta frequência, como sinal de maré das correntes, utilizando para tal uma frequência de corte de 40 horas, que remove 95% das oscilações com frequências menores que 25 horas (HIRATA, 2008; COSTA, 2009). Foi utilizado também um filtro de passa-alta, que foi aplicado através da subtração da série original pela própria série filtrada com o filtro de passa-baixa descrito acima, atuando como um filtro de passa alta de mesma frequência de corte (HIRATA, 2008; COSTA, 2009).

No procedimento de filtragem, um intervalo de observações foi tomado a partir do início da série, onde após a convolução um valor foi obtido (valor filtrado), que passou a ocupar a posição central do intervalo tomado. Então, um novo intervalo, de mesmo comprimento, foi tomado a partir do ponto seguinte da série. Esse procedimento foi realizado até que todos os pontos originais fossem substituídos por valores filtrados, obtendo-se assim os valores filtrados (SOUZA, 2000).

Este novo valor gerado, denominado como “valor filtrado” é o valor das correntes marinhas sem a influência das correntes de maré; já quando este valor filtrado é diminuído do valor medido inicialmente, os resultados são as correntes de maré no local.

2.2 Ondas

Os dados de ondas empregados no trabalho fazem uso de parâmetros tais como: altura significativa (H_s), período significativo (T_s) e direção de ondas, para quais foram feitos gráficos de linhas.

2.3 Ventos

Os dados de ventos foram obtidos através da Estação Meteorológica do Centro de Estudos do Mar (CEM) para as mesmas datas dos fundeios. Estes

foram medidos em dados horários, rotacionados e separados em componentes zonais e componentes meridionais, sendo estes também filtrados da mesma forma que as correntes, para que fossem retirados os sinais das brisas, retirando assim os sinais de alta frequência.

No presente estudo os valores positivos para ventos indicam as direções de S e SO e valores negativos N e NE.

2.4 Correntes, Ondas e Ventos

A integração dos dados ocorreu a partir de uma maior para uma menor escala. A primeira integração utilizou dados da Síntese Sinótica Mensal do Centro de Estudos de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC- Inpe, 2008). Esta síntese apresenta o alcance das frentes frias no Brasil, com datas, aumento de ventos e agitação marítima, sendo estas comparadas com os dados de correntes e ventos medidos pelo S4ADW e pela estação meteorológica do Centro de Estudos do Mar.

Foi realizada análise espectral do vento e das correntes. Estas análises foram baseadas no método de WELCH (1967) *apud* HIRATA (2008) e COSTA (2009). Para estas, foi aplicada uma janela do tipo Hanning, com 1/3 do comprimento total das séries e sobreposições de 50%, procedimento que resulta em uma estimativa da densidade espectral.

Esta metodologia foi utilizada com o intuito de aumentar a confiabilidade estatística da análise, pois se aplicada sem nenhum método de suavização esta retorna apenas dois graus de liberdade, o que é estatisticamente pouco representativo. Como resultado da aplicação do janelamento, perde-se a resolução espectral, mas a confiabilidade das concentrações de energia por banda de frequência é maior (COSTA, 2009).

De acordo com EMERY & THOMSON (2001), o número de graus de liberdade equivalentes (EDOF), com a utilização da janela tipo Hanning nas análises espectrais é:

$$EDOF = 8/3 (N/M)$$

,onde N é o comprimento da série analisada e M a metade do comprimento da janela aplicada.

Foi realizada também a análise de correlação cruzada para determinação de quanto uma variável está diretamente relacionada a uma segunda variável (vento e corrente). Para esta foram utilizados dados horários de correntes, transformados através do Programa de Múltiplos (MARONE, 1989), para que pudessem ser comparados com os dados de ventos que são medidos de hora em hora e também análise de vetores progressivos das correntes.

3. RESULTADOS

3.1 Fundeio 1 – (11/10/2006 – 09/12/2006)

O Fundeio 1 cobre o período de primavera de 2006 e os vetores de direção e intensidade do vento a cada 3 horas podem ser visualizados na Figura 3. Nesta, nota-se a predominância do vento S (positivo) em praticamente todo o período, com algumas inversões para ventos NE (negativos). Os ventos S são também mais intensos que os ventos procedentes de outras direções.

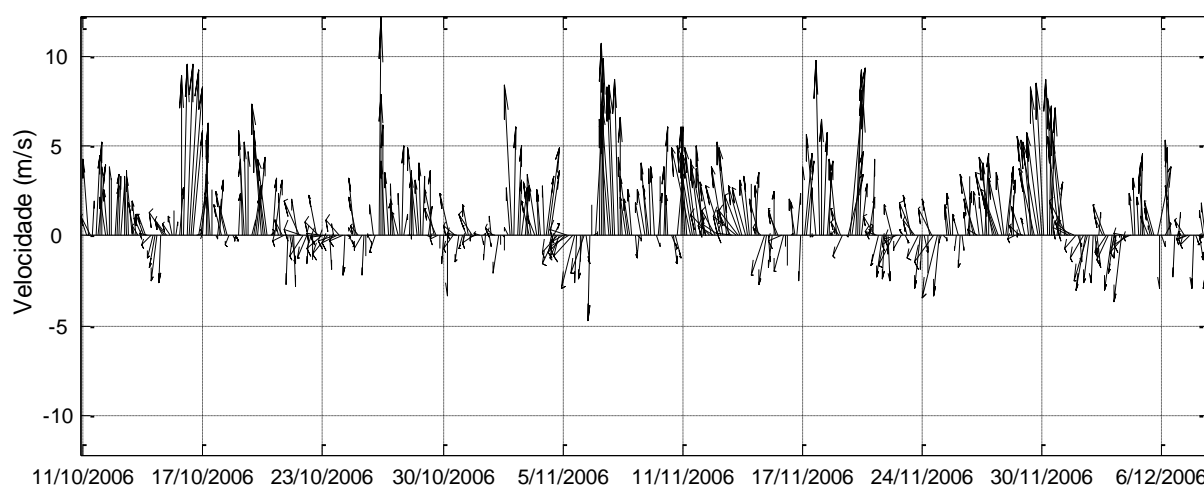


FIGURA 3 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEREOLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.

Os dados brutos das componentes longitudinais e transversais das correntes são apresentados na Figura 4. Observa-se que as máximas velocidades são da ordem de 40 cm/s e que, durante o mês de outubro até metade do mês de novembro, as correntes possuem uma grande variação em suas direções passando de negativas (SSE) a positivas (NNO) em uma escala de poucos dias e, após este período, tornam-se predominantemente positivas e constantes até o fim do fundeio (Figura 4A). Para a componente transversal, as velocidades com

direção negativa são predominantes e mais intensas que as velocidades de direções positivas até o fim do mês de outubro; a partir do mês de novembro até o fim da coleta as velocidades das correntes possuem direções positivas e constantes (Figura 4B). Nota-se também que as intensidades das correntes longitudinais foram maiores do que a das correntes transversais.

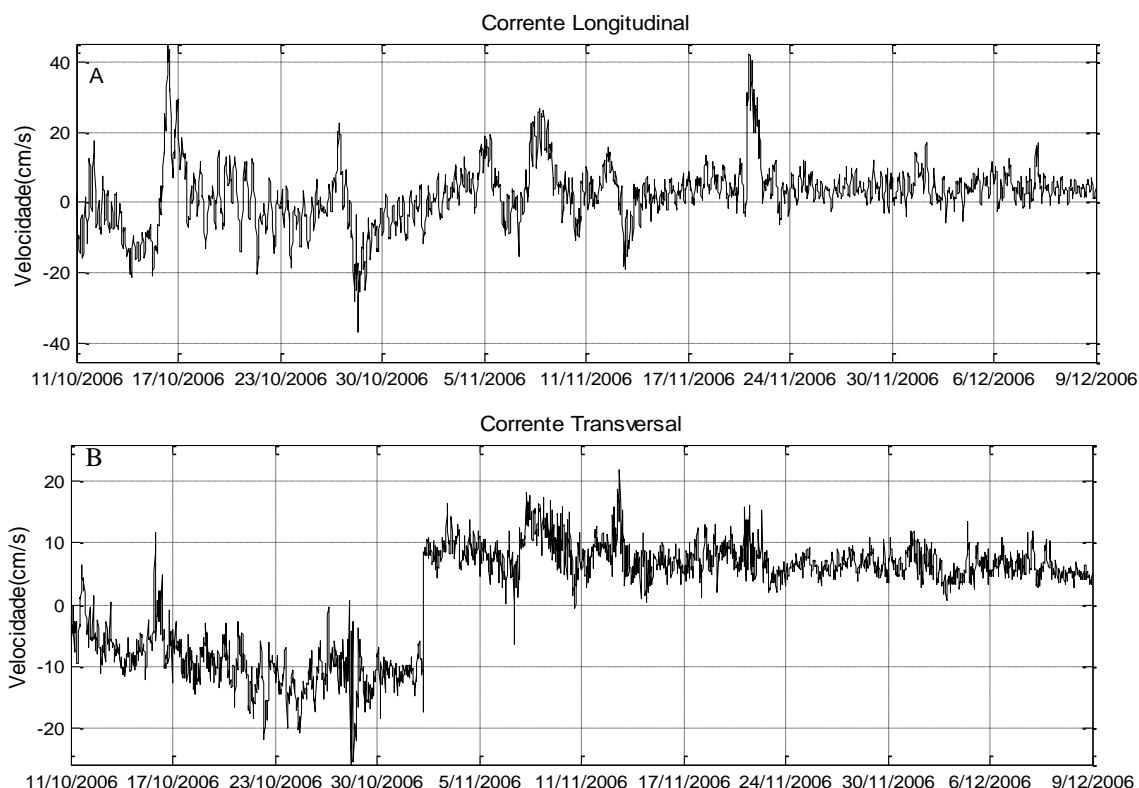


FIGURA 4 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

As estimativas de densidade espectral calculadas para as componentes transversais e longitudinais dos ventos (Figura 5A e 5B) apontam as bandas de baixa frequência como as mais energéticas, tanto nas componentes longitudinais como nas transversais. De acordo com estes dados se observa que o pico de maior amplitude está em torno de 12 dias para a componente longitudinal e, entre as bandas de 4 a 8 dias, para a componente transversal. Percebe-se também que

a energia para a componente V é notavelmente maior. Para os períodos de alta frequência, observa-se um pico de 24 horas para as duas componentes, de menor amplitude, associada à brisa.

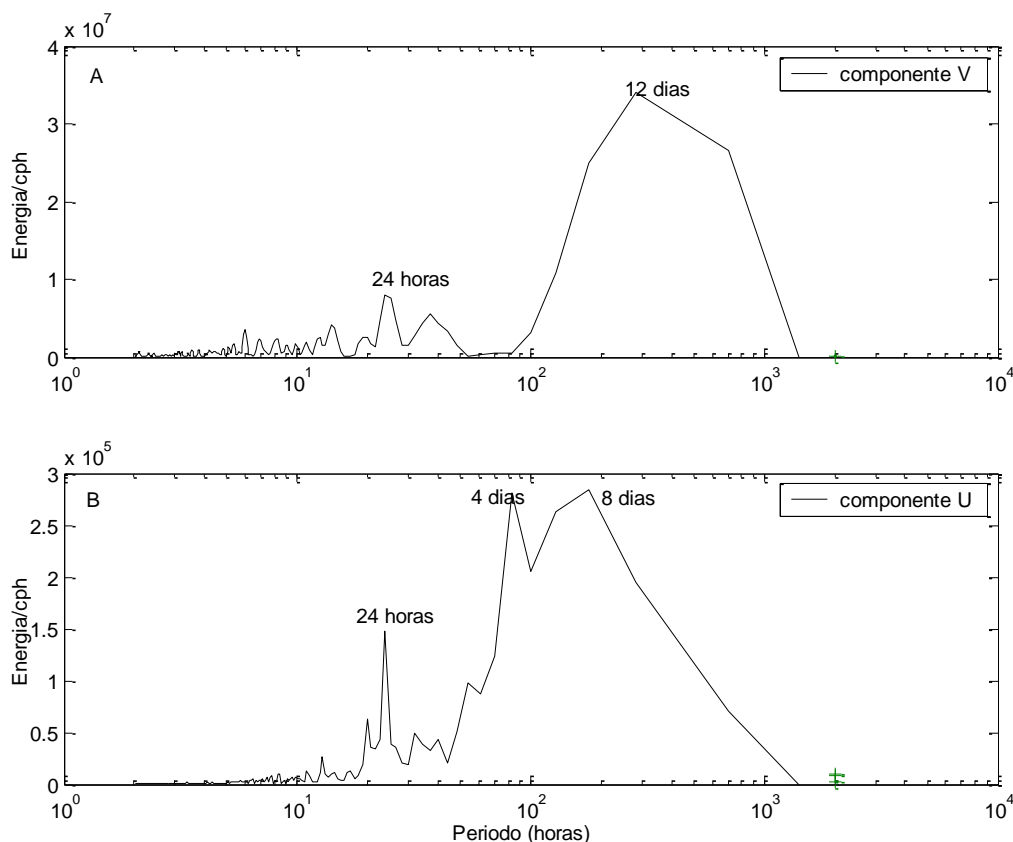


FIGURA 5 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

As estimativas de densidade espectral para as componentes transversais e longitudinais da corrente demonstram que as maiores energias estão centradas nas faixas de baixa frequência para as duas componentes (Figuras 6 e 7). Observa-se que, para a componente longitudinal (Figura 6), existem dois picos de maior energia, sendo que o primeiro de maior amplitude ocorre no período de 27 dias e outro de amplitude muito menor ocorre no período de 14,5 dias.

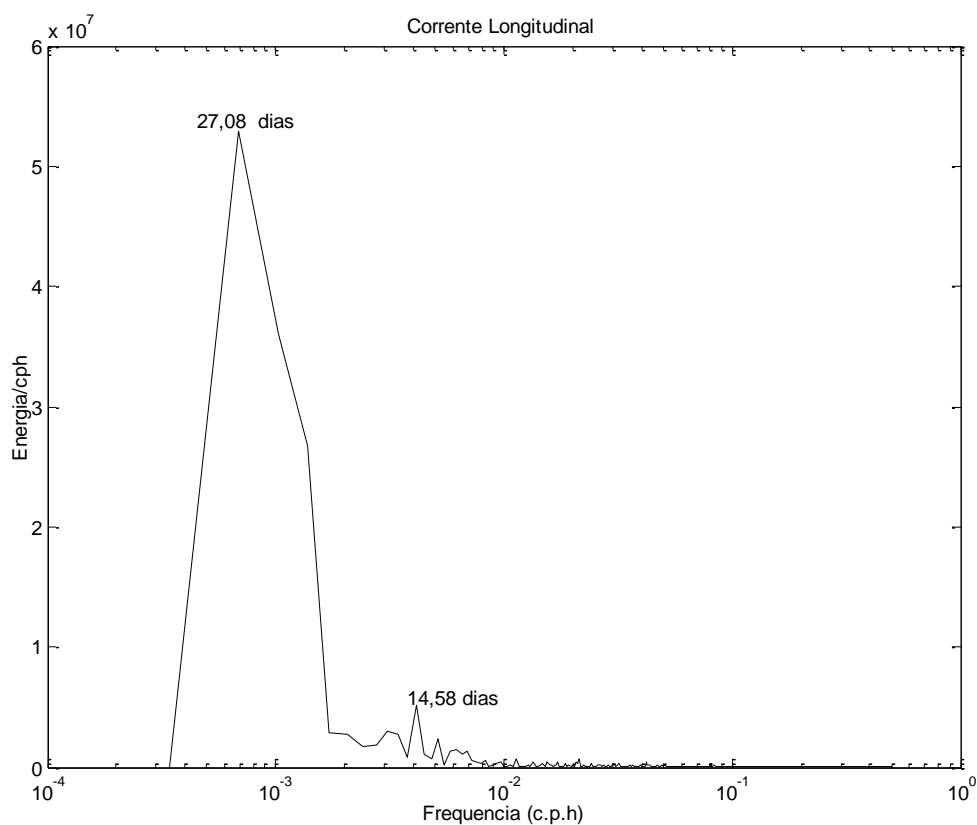


FIGURA 6 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.

A estimativa de densidade espectral para a componente transversal (Figura 7) difere um pouco da componente V, existindo diversos picos. Os picos de maior amplitude se encontram nas bandas de 12,5 e 8,3 dias, relacionados às escalas sinóticas e na banda de 19,1 dias. Existem ainda picos de amplitude significativa nas bandas de 35 e 6,25 horas.

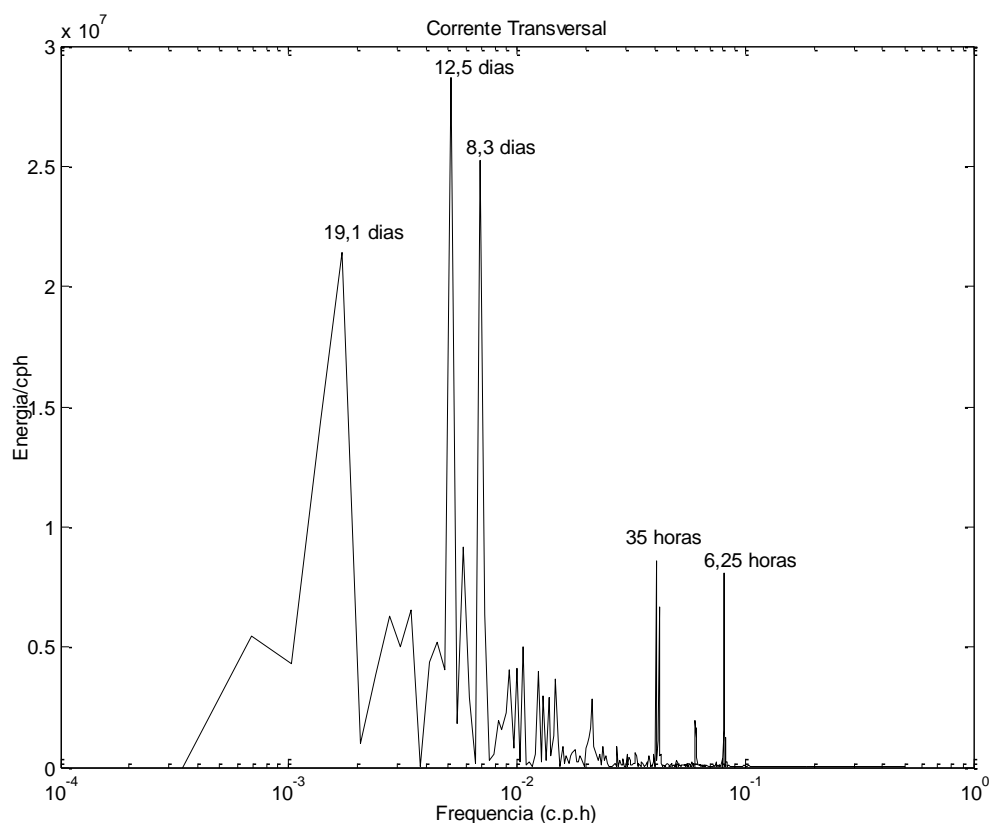


FIGURA 7 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.

3.1.1 Baixa Frequência

As mesmas séries de ventos apresentadas anteriormente para a componente longitudinal e as correntes longitudinais e transversais são apresentadas nas figuras 8A, 8B e 8C, respectivamente, com aplicação do filtro de passa-baixa. Com isto, retirou-se do vento o sinal de brisa e das correntes o sinal de maré. Valores positivos indicam ventos de sul e correntes para o norte, no caso das componentes longitudinais à costa; para a componente transversal valores positivos indicam correntes para leste.

A correlação do vento longitudinal com a componente longitudinal da corrente parece ser visível em alguns períodos, uma vez que o aumento da velocidade do vento é acompanhado por um aumento na intensidade das correntes, principalmente na passagem de sistemas frontais. O mesmo não pode ser dito da componente transversal da corrente, que apresenta uma menor correlação, uma vez que há pequenos aumentos da intensidade das correntes durante algumas passagens dos sistemas frontais.

A temperatura da água do mar para o período do fundeio (Figura 8D) apresentou um aumento na temperatura ao longo do tempo, seguindo o aumento da temperatura do ar, que aumenta com a aproximação da estação de verão. Pode-se perceber também que os picos de aumento de temperatura estão relacionados com aumento da velocidade do vento S.

Observa-se para a altura significativa das ondas (Figura 8E) no período total do fundeio, que as maiores alturas estão correlacionadas com a chegada de ventos S na região, uma vez que quanto maior a intensidade destes ventos maior a altura significativa das ondas; a ordem de altura máxima atinge 3m. A direção destas ondas de maior altura provém de SSE, como indicado na Figura 8E.

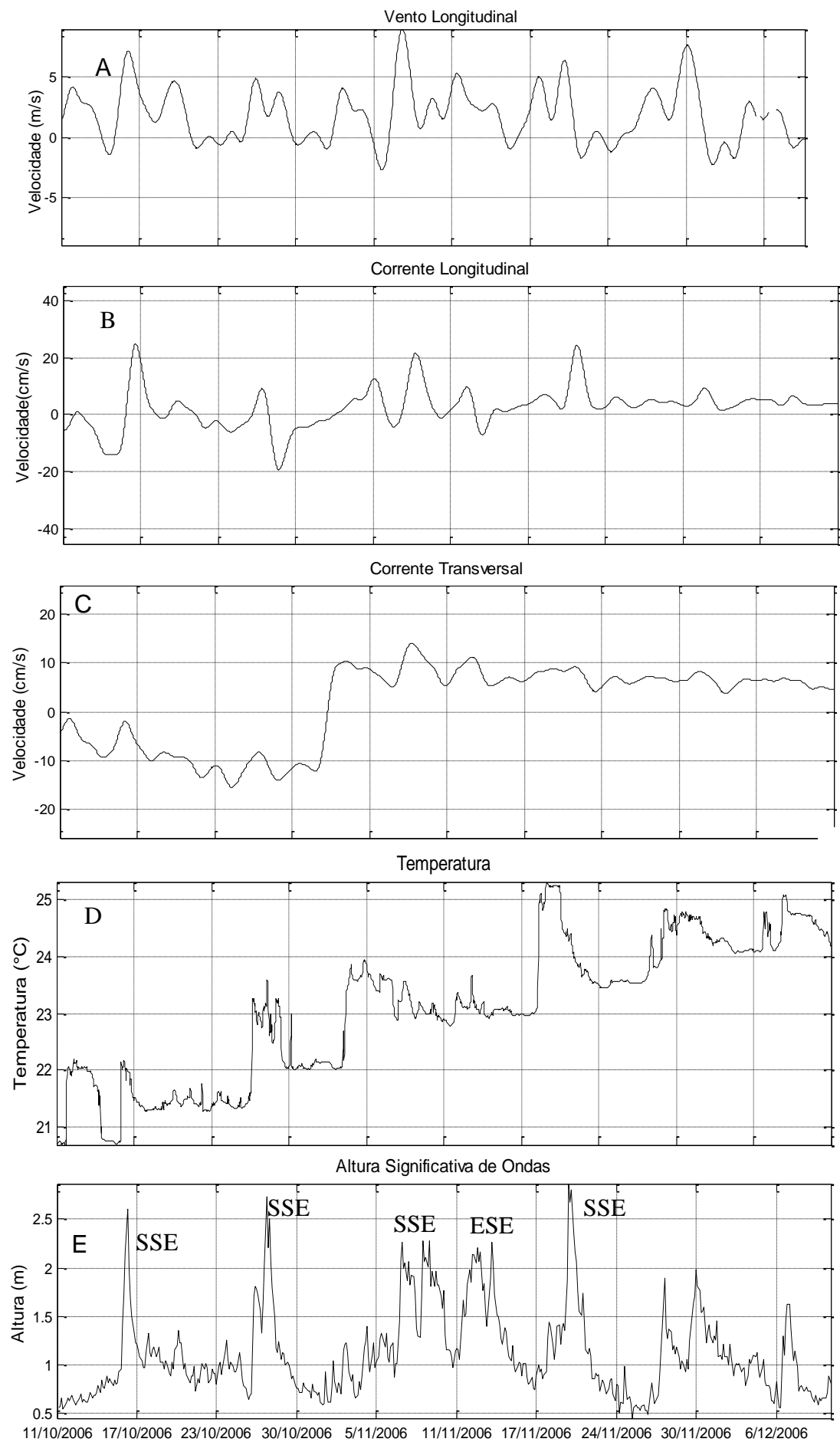


FIGURA 8 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO; (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURAS SIGNIFICATIVAS MAIORES QUE 2M.

A salinidade para o período de 20 dias, tempo no qual o sensor não sofreu nenhuma interferência, é mostrado na Figura 09. Este demonstra pequenas oscilações com mínimos próximos de 32 g. kg^{-1} e máximos na ordem de 35 g. kg^{-1} .

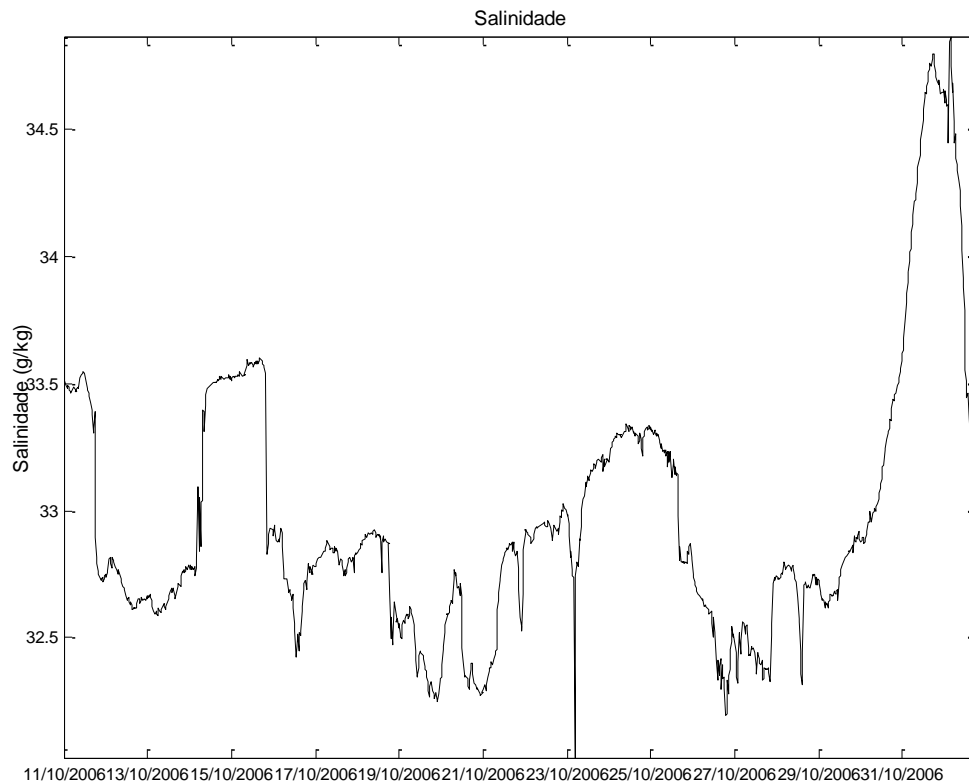


FIGURA 09 – SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR.

A análise de correlação cruzada (Figura 10) entre a componente longitudinal do vento e das correntes indica coeficientes médios para a componente longitudinal (com valores de 0,5) e apresenta um atraso de fase de 5 horas com vento. Assim, pode-se afirmar que a componente longitudinal apresenta uma relação direta da ação do vento, mesmo que na profundidade de

10 m as correntes sejam menos susceptíveis às oscilações da direção e intensidade do vento.

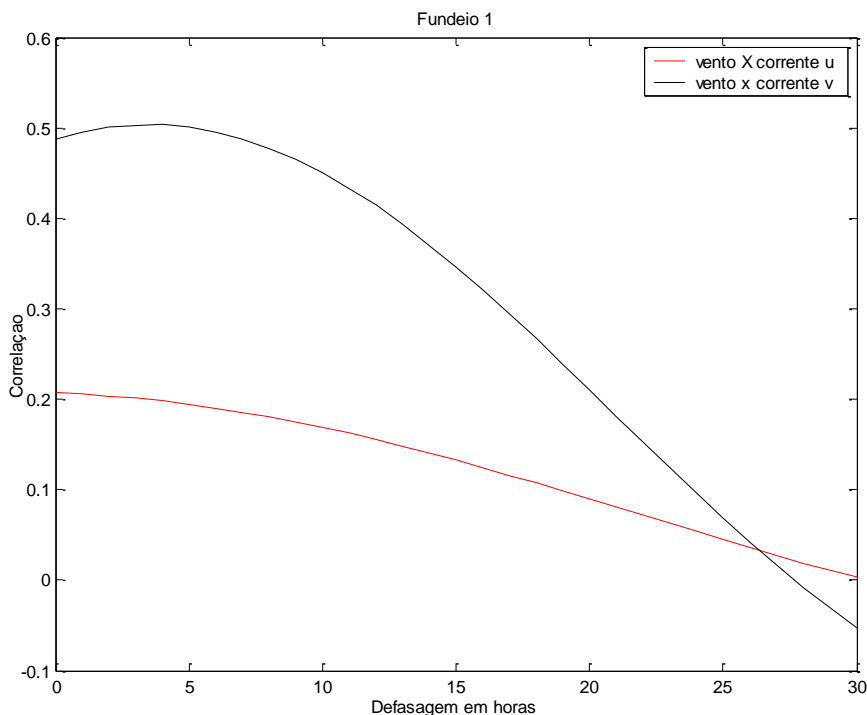


FIGURA 10 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.

A análise da correlação cruzada para a componente transversal indica um baixo coeficiente de correlação entre o vento e esta componente, como valores próximos de 0,2 e sem qualquer atraso de fase em relação ao vento.

Para proporcionar uma visão mais ampla das variabilidades de baixa frequência, foram confeccionados diagramas de vetor progressivo da corrente, abrangendo o período completo do fundeio, sendo que os eixos (X e Y) correspondem à posição (em Km), referentes ao ponto de início da série; a linha tracejada corresponde à inclinação da linha de costa. Os vetores progressivos não refletem diretamente a trajetória das partículas no meio e sim fornecem uma idéia do deslocamento médio das massas de água ao longo do tempo.

Para o gráfico de vetor progressivo para o fundeio ocorrido entre outubro e dezembro de 2006 (Figura 11) foram escolhidos pontos nos quais existe uma grande mudança da direção das correntes marinhas.

No ponto A (16/10/06), durante uma maré de sizígia, as correntes marinhas são intensas (máximos de 45 cm/s e média de 22 cm/s) e os ventos S também são intensos (máximos de 10,5 m/s e média de 9,5 m/s). No ponto B (27/10/06), durante uma maré de sizígia, as correntes são intensas (valores máximos atingindo os 42 cm/s e valores médios de 20 cm/s) e os ventos S também são intensos (máximos na ordem de 12 m/s e média de 9,1m/s).

No ponto C (01/11/06), a brusca mudança de direção ocorre durante um período de correntes moderadas (máximos de 17 cm/s) e ventos de NE moderados com valores máximos de 4,6 m/s. No ponto D (04/11/06), durante uma maré de sizígia, a velocidade das correntes marinhas alcançam valores máximos de 22 cm/s e médios de 16 cm/s, e os ventos de L apresentam velocidades máximas da ordem de 7,5 m/s e média de 6,7 m/s. No ponto E (10/11/06), encontram-se ventos S intensos na ordem de 11,7 m/s (com valores médios de 8,4 m/s), acompanhado de correntes marinhas intensas máximas de 30 cm/s e média de 22 cm/s.

No final do fundeio encontram-se ainda dois pontos que apresentam mudanças de direções: a) ponto F (19/11/06) com ventos de S e SE com valores máximos de 9,7 m/s e média de 7 m/s, juntamente com correntes marinhas também bastante intensas (valores máximos de 45 cm/s e média de 28 cm/s) e; b) ponto G (20/11/06), que apresenta correntes fracas, mas ainda com ventos de S e SE fortes que atingiram máximos na ordem de 11,4 m/s e média de 8,82 m/s.

Durante todo o fundeio as principais mudanças das direções das correntes marinhas estão intimamente ligadas com as direções preferenciais dos ventos, com exceção do ponto G.

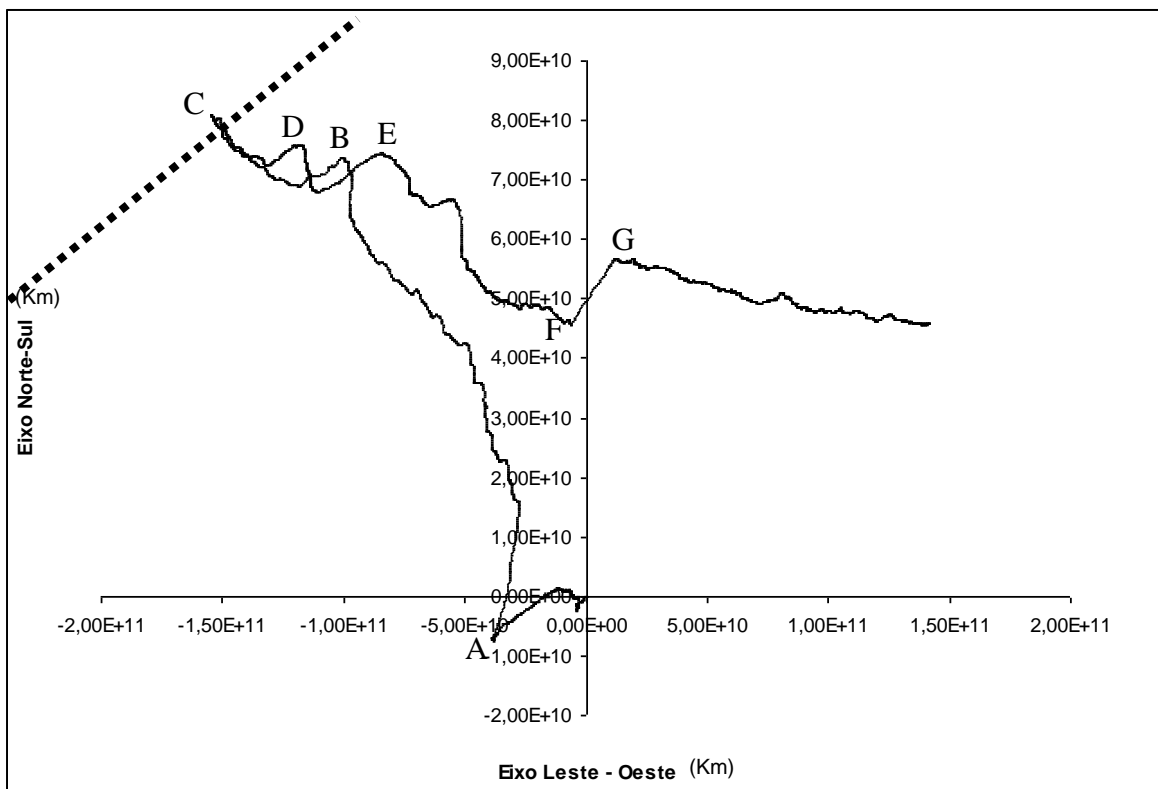


FIGURA 11 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.

3.1.2 Alta Frequência

Com o intuito de melhorar a resolução das variabilidades de alta frequência, foram geradas duas novas séries extraídas da série completa através de um filtro de passa-alta com frequência de corte de 40 horas. A série resultante da aplicação desse filtro pode ser observada nas Figuras 12A e 12B.

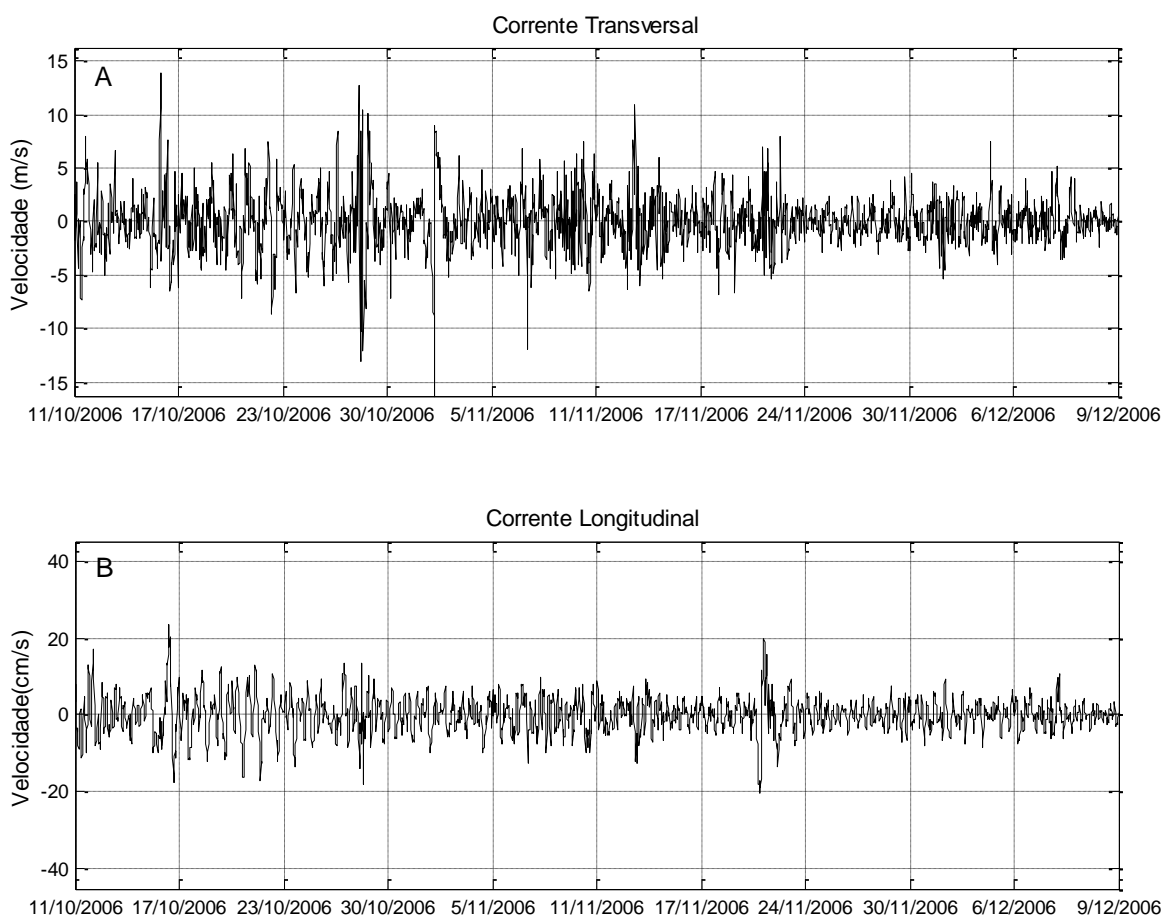


FIGURA 12 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL.

A baixa frequência é responsável por mais de 66% da variância total da componente transversal em toda a série, ou seja, as oscilações dentro das frequências de maré são responsáveis por menos de 40% das variações totais. Em contrapartida, para a componente longitudinal, as frequências de maré são responsáveis por menos de 10% da variação total, demonstrando que esta banda

de frequência tem menor importância para esta componente nesta série (Tabela 3).

TABELA 3 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.

Fundeio 1	Variância Total da série original	Variância Total da série filtrada	% da variância total
Componente Transversal	71,30235796	47,29	66,32
Componente Longitudinal	75,63409097	68,16	90,12

A partir destas séries de alta frequência foram feitas novas estimativas de densidade espectral. Na componente longitudinal (Figura 13A), têm-se diversos picos não tão bem distintos, sendo que o mais significativo deles possui período de 24 horas, o que corresponde a um período muito próximo da componente K1.

O segundo mais significativo possui período de 12,5 horas, sendo este muito próximo da componente M2; depois apresenta dois picos de amplitudes próximas nos períodos 15,5 horas e 30 horas, sendo este último possivelmente um resíduo das bandas de baixa frequência; o outro pico, de amplitude um pouco menor, no período de 6,5 horas, próximo da componente M4.

Para as componentes transversais (Figura 13B), cinco picos podem ser observados. O mais significativo, diferentemente da componente longitudinal, possui período de 12,5 horas (M2), seguido do período de 6,5 horas (M4). Dois outros picos apresentam amplitudes bem próximas, correspondendo ao período de 8,5 horas (M3) e de 24 horas (K1). O quinto pico, com período de 32,5 horas pode ser um possível resíduo das bandas de baixa frequência (submareal).

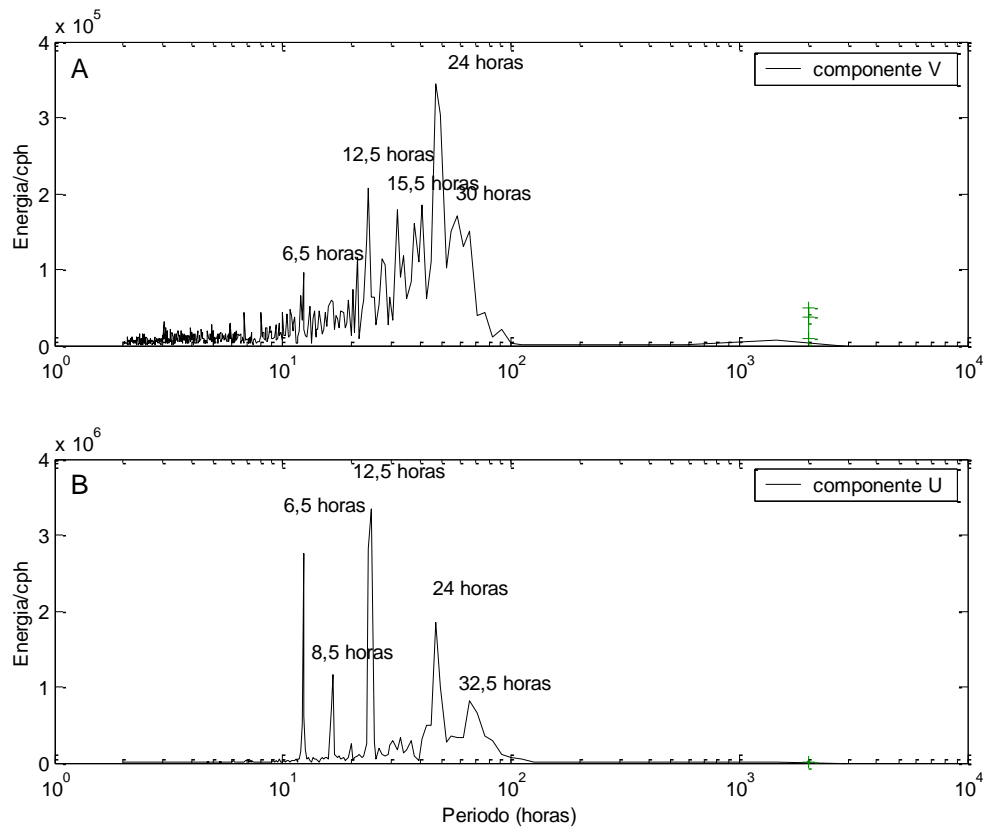


FIGURA 13 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

3.2 Fundeio 2 – (16/03/2007 – 14/05/2007)

O segundo fundeio cobre um período de outono e, para uma primeira visualização dos dados, são apresentados os vetores de direção e intensidade do vento a cada 3 horas (sem a passagem de filtro) (Figura 14) e posteriormente os dados brutos das componentes longitudinais e transversais das correntes (Figura 15A e 15B).

Pode-se observar que os ventos S apresentam as maiores intensidades, mas os ventos de NE são predominantes (Figura 14). No início da série não se pode observar a chegada de nenhum sistema frontal (característica do mês de março), onde somente a partir do mês de abril pode-se perceber a existência da passagem de frentes frias (4 destas afetaram a intensidade dos ventos na região de estudo, nos dias 4, 7 e 27 de abril e no dia 8 de maio), caracterizando uma situação mais próxima à existente no inverno.

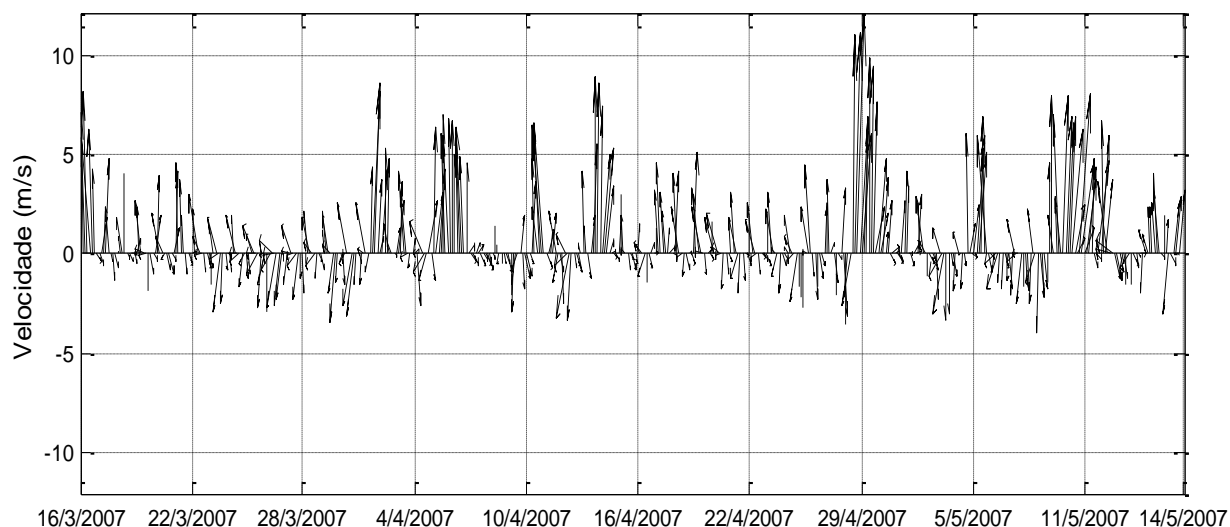


FIGURA 14 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.

Através da Figura 15A, observa-se que as maiores velocidades das componentes longitudinais são da ordem de 40 cm/s, sendo estas principalmente para direções negativas (S-SE) até a primeira metade do mês de abril, passando a

ter mudanças das direções destas velocidades em períodos de poucos dias até o fim do fundeio, não ultrapassando a ordem de 20 cm/s. Os picos de aumento da intensidade da corrente a partir do mês de abril parecem condicionados aos momentos de passagens de frentes frias, mas diferentemente na segunda metade da série as velocidades são aproximadamente 50% menores do que as da primeira metade.

Para as correntes transversais (Figura 15B), as maiores velocidades são da ordem de 20 cm/s, sendo que esta componente apresenta direções negativas (em direção a costa) até a metade do mês de abril e, após este período, esta passa a ter somente uma direção positiva (em direção ao largo), também condicionada à passagem de frentes frias.

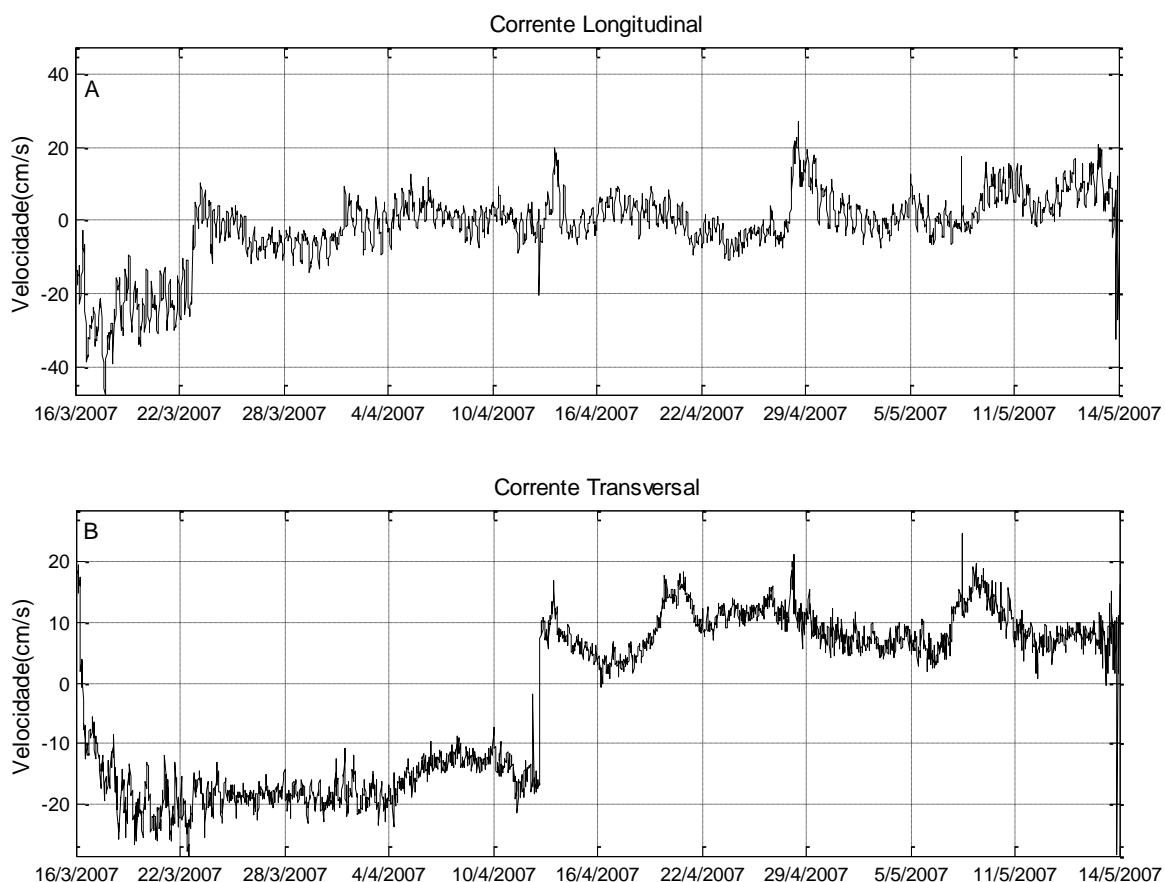


FIGURA 15 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

Observa-se que a densidade espectral do vento (Figura 16B), para a componente transversal possui uma alta concentração na baixa frequência. Esta componente apresenta três picos bem pronunciados, sendo que o de maior amplitude concentra energia no período de 6,5 dias, o segundo pico com uma amplitude um pouco menor no período de 12 dias e o terceiro deles se encontra no período de 24 horas (relacionados a brisa), sendo este causado principalmente pela brisa.

A densidade espectral para a componente longitudinal (Figura 16A), diferentemente da componente transversal, apresenta apenas um pico bem pronunciado no período de 24 horas (relacionado com a brisa).

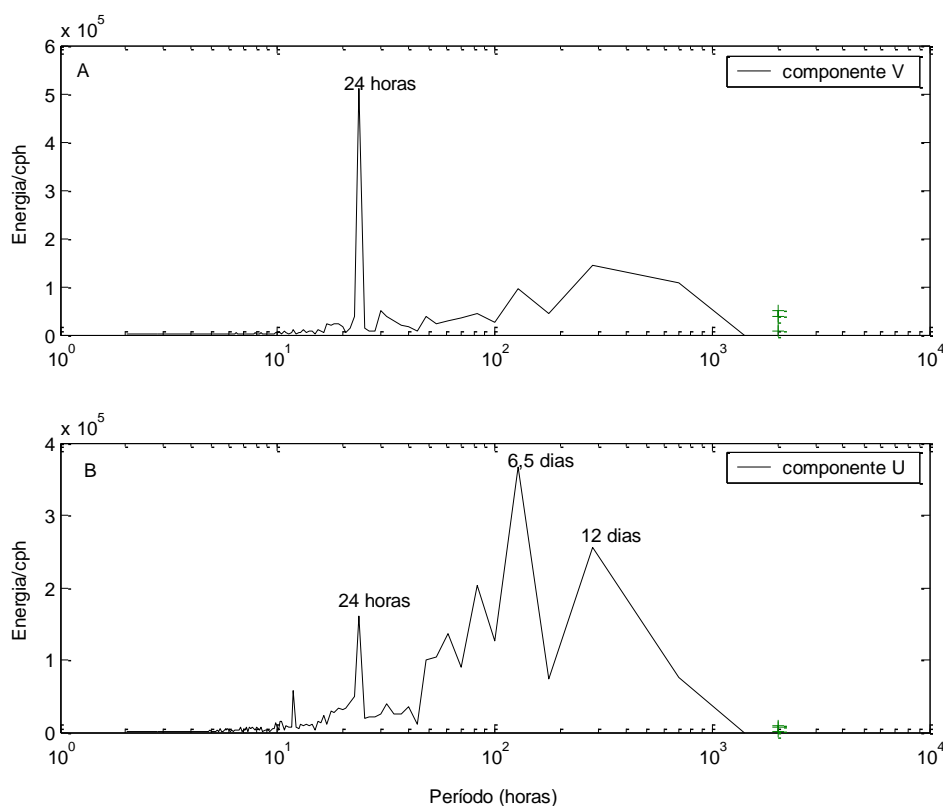


FIGURA 16 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

A estimativa de densidade espectral calculada para a componente longitudinal da corrente (Figura 17) apresenta a maior parte de sua energia concentrada na baixa frequência. Este apresenta dois picos bem proeminentes,

sendo que o de maior amplitude ocorre no período de 27,8 dias e o segundo de maior amplitude no período de 20,8 dias. No entanto, apesar da proeminência destes dois, existem outros picos menores no período de 17 a 15,6 dias relacionados com a passagem de sistemas frontais.

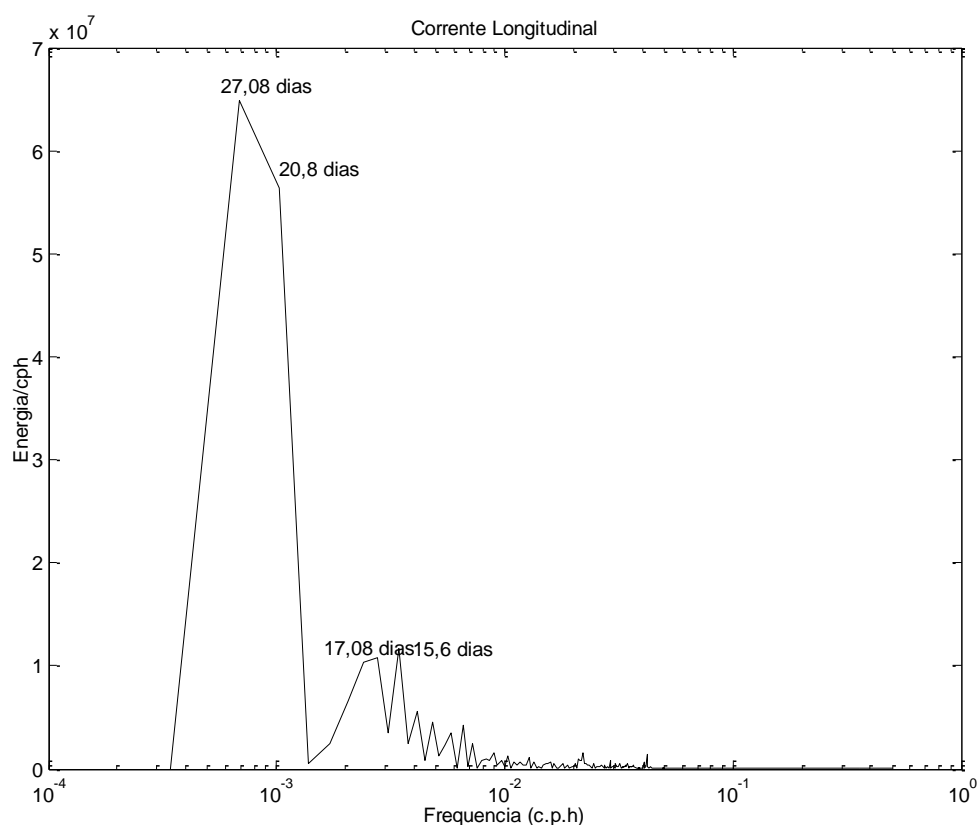


FIGURA 17 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.

No caso da componente transversal (Figura 18) existem quatro picos bem pronunciados. O de maior amplitude apresenta um período de 27 dias, o segundo pico de maior amplitude possui período de 18,4 dias e os outros dois picos apresentam amplitudes próximas, com períodos de 17,2 dias e 14,5 dias. Existem ainda pequenos dois picos concentrados na banda de alta frequência nos períodos de 1,45 dias e 0,6 dias.

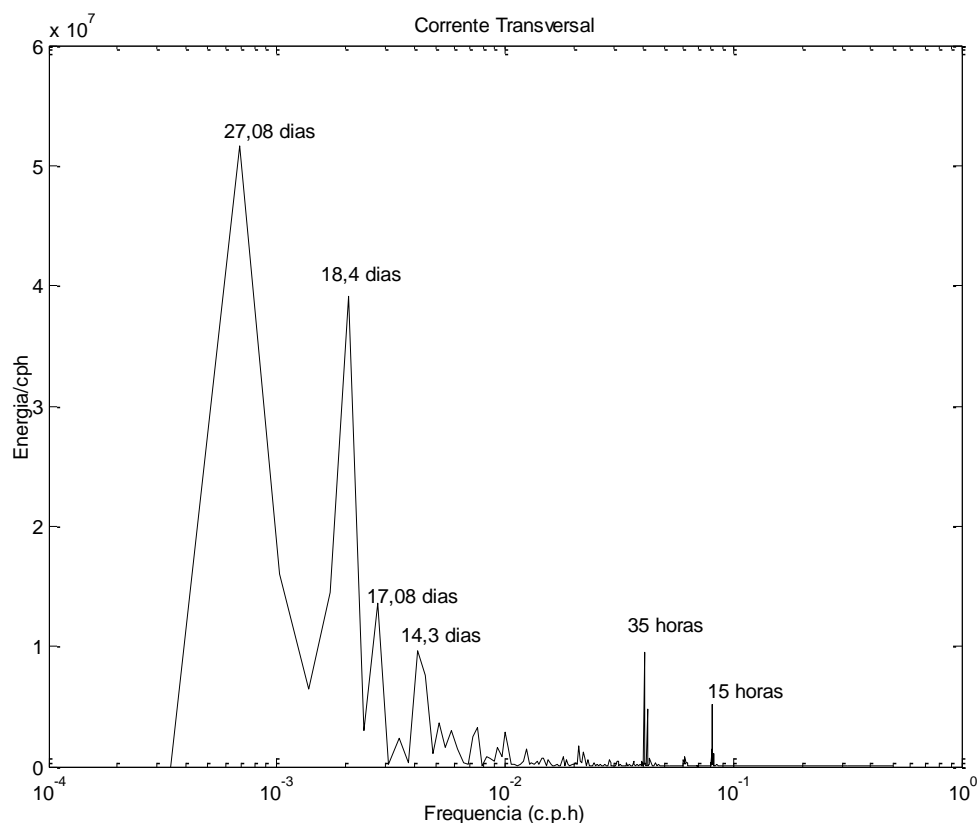


FIGURA 18 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.

3.2.1 Baixa Frequência

A análise dos dados com remoção das oscilações de alta frequência para a componente longitudinal do vento foi realizada através das séries apresentadas na Figura 19A. Nesta, observa-se que as velocidades são predominantemente para as direções positivas e com maiores intensidades em direção ao N, como consequência dos ventos de S.

Pode-se perceber que existe uma pequena correlação visível entre a componente V do vento e as componentes transversais e longitudinais da corrente (Figura 18), sendo que esta correlação é mais pronunciada quando os ventos S são mais intensos (Figuras 19B e 19C).

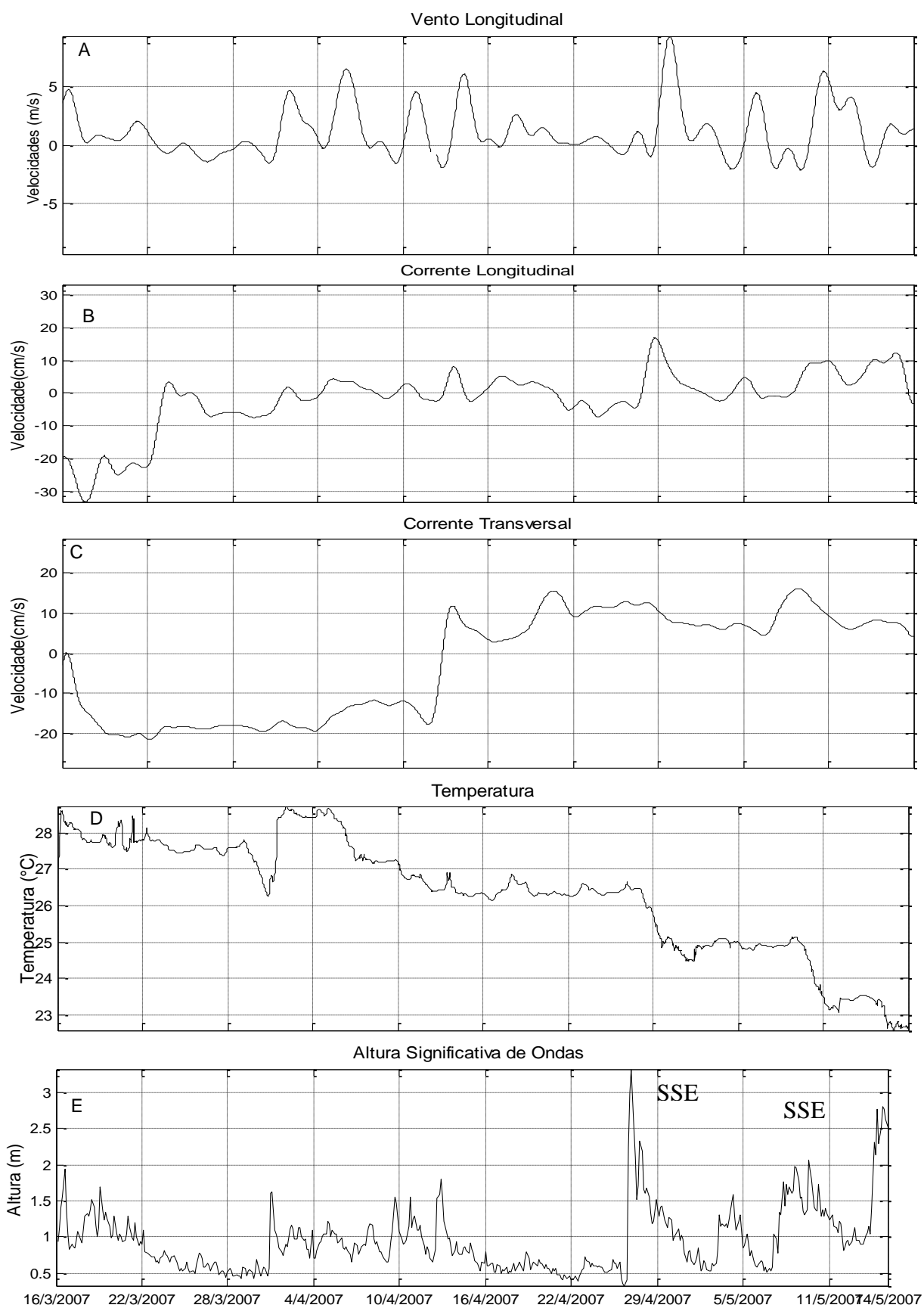


FIGURA 19 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO; (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E A DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURAS MAIORES QUE 2M.

Observa-se que a temperatura da água do mar para o período do fundeio (Figura 19D) diminui ao longo do tempo, seguindo a diminuição da temperatura do ar ocasionada pela mudança da estação de outono para inverno. Complementarmente, pode-se perceber que a diminuição de temperatura ocorre principalmente com o aumento da passagem de sistemas frontais (ventos S) que trazem águas mais frias.

A altura significativa das ondas para o período total do fundeio (Figura 19E), apresenta as maiores alturas significativas de ondas correlacionadas com a chegada de ventos S na região; assim, quanto maior a intensidade destes ventos, maior é a altura significativa das ondas.

Neste fundeio as maiores ondas se encontram no final de abril e maio, relacionadas com uma maior chegada de sistemas frontais e ventos mais fortes provindos de Sul, sendo a ordem das maiores alturas significativas de 3m. A direção destas ondas de maior altura significativa também provém da região S e SE.

A salinidade para o período de 25 dias, tempo no qual o sensor não sofreu nenhuma interferência é mostrado na Figura 20. Este demonstra pequenas oscilações com mínimos na ordem de 31 g.kg^{-1} e máximos na ordem de $33,5 \text{ g.kg}^{-1}$.

1.

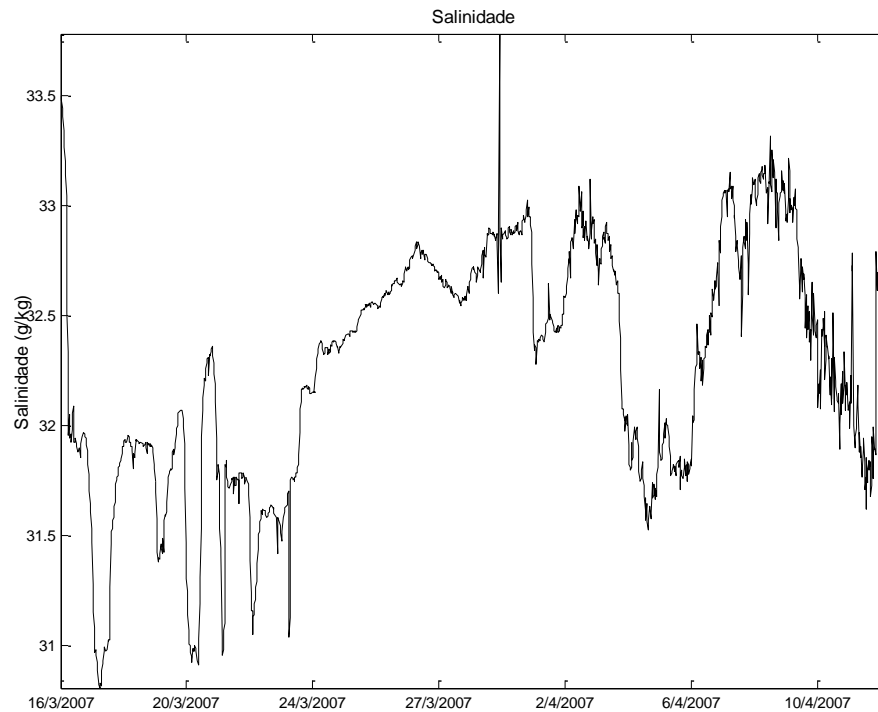
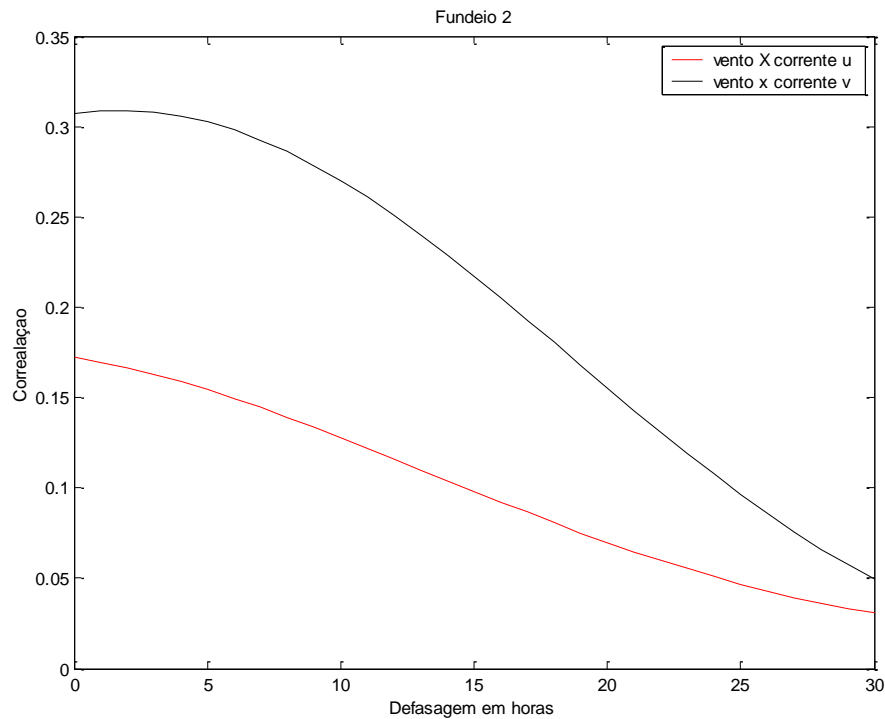


FIGURA 20 - SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR.



C

A

análise de correlação

cruzada (Figura 21) **FIGURA 21- CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO** E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.

mostra novamente uma maior relação da componente longitudinal do vento com a componente longitudinal da corrente, mas este coeficiente é baixo (apresentando

valor de aproximadamente 0,3) e não existindo atraso de fase em relação ao vento. Já com a componente transversal esta correlação apresenta valor de 0,17 e, assim como a componente longitudinal, também não apresenta qualquer atraso de fase.

Verifica-se que no período de março a maio de 2007 existe um menor número de mudanças de direções da velocidade das correntes (Figura 22). No ponto A (23/03/07) existem correntes costeiras intensas (máximos da ordem de 34 cm/s e média de 31 cm/s) por um pequeno período, juntamente com ventos de E moderados (valores máximos de 5,2 m/s). No ponto B (12/04/07), as correntes marinhas são fracas, com pequenos períodos de correntes mais intensas acompanhadas de ventos também fracos e com poucos períodos de ventos S fortes (valores máximos de 9,6 m/s).

Nestes dois primeiros pontos, parece não existir uma relação direta dos ventos e das mudanças de direções das correntes e sim uma relação inversa, uma vez que com ventos NE e E as correntes dirigem-se para o NE e com ventos S as correntes dirigem-se para S.

Já para o ponto C (27/04/07), os ventos S elevados (média de 9,1 m/s e máximo de 12,8 m/s), ocasionam correntes marinhas moderadas (valores médios de 23 cm/s e máximos de 28,5 cm/s) e uma mudança na direção da corrente.

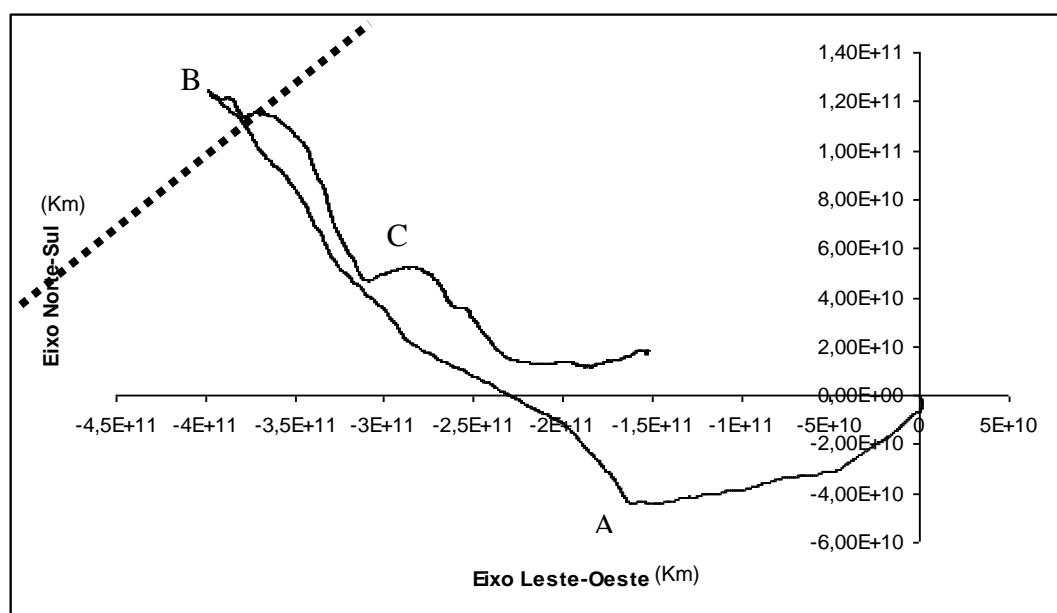


FIGURA 22 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.

3.2.2 Alta Frequência

As séries das componentes longitudinal e transversal das correntes, após a aplicação do filtro de passa-alta, são apresentadas nas Figuras 23A e 23B.

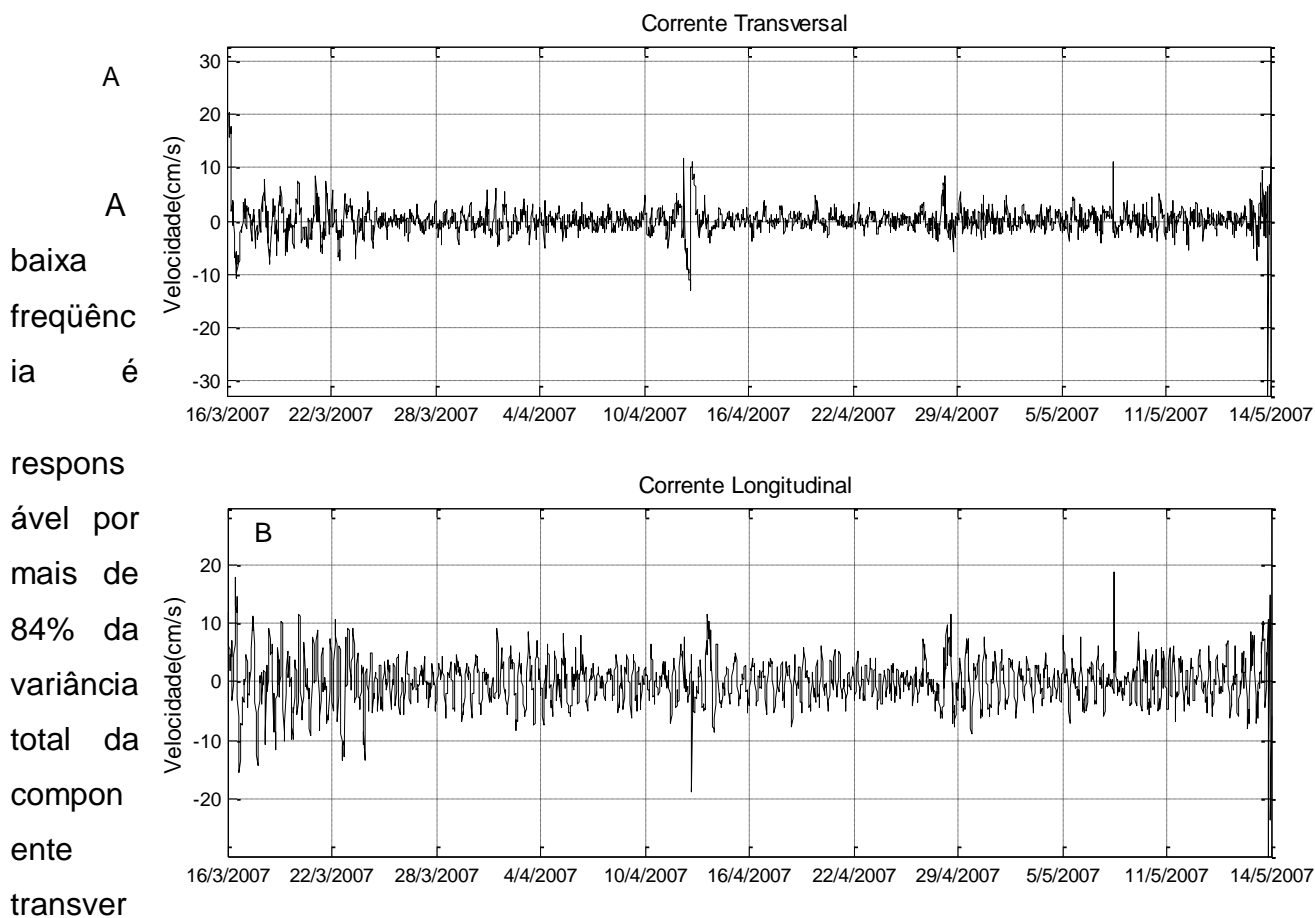


FIGURA 23 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

sendo este valor mais elevado do que aquele encontrado no fundeio de outubro a dezembro de 2006. Já para a componente longitudinal, as frequências de maré são responsáveis por menos de 6% da variação total, evidenciando que esta banda de frequência possui menor importância para esta componente da série, se comparada com o fundeio anterior (Tabela 4).

TABELA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.

Fundeio 2	Variância Total da série original	Variância Total da série filtrada	% da variância total
Componente Transversal	99,73762974	83,87	84,09
Componente Longitudinal	179,616077	169,86	94,54

A partir desta nova série filtrada foi calculada uma nova análise espectral. A componente transversal, como fica demonstrada na Figura 24B, apresenta quatro picos bem distintos, que seguem em ordem de amplitude os períodos de 12,5 horas (M2), 6,5 horas (K1), 24 horas (M4) e 8,5 horas (M3), respectivamente. Para a corrente longitudinal (Figura 24A) também existem quatro picos, com as maiores amplitudes nos períodos de 24 horas, 12,5 horas, 15,5 horas e 31,5 horas, respectivamente.

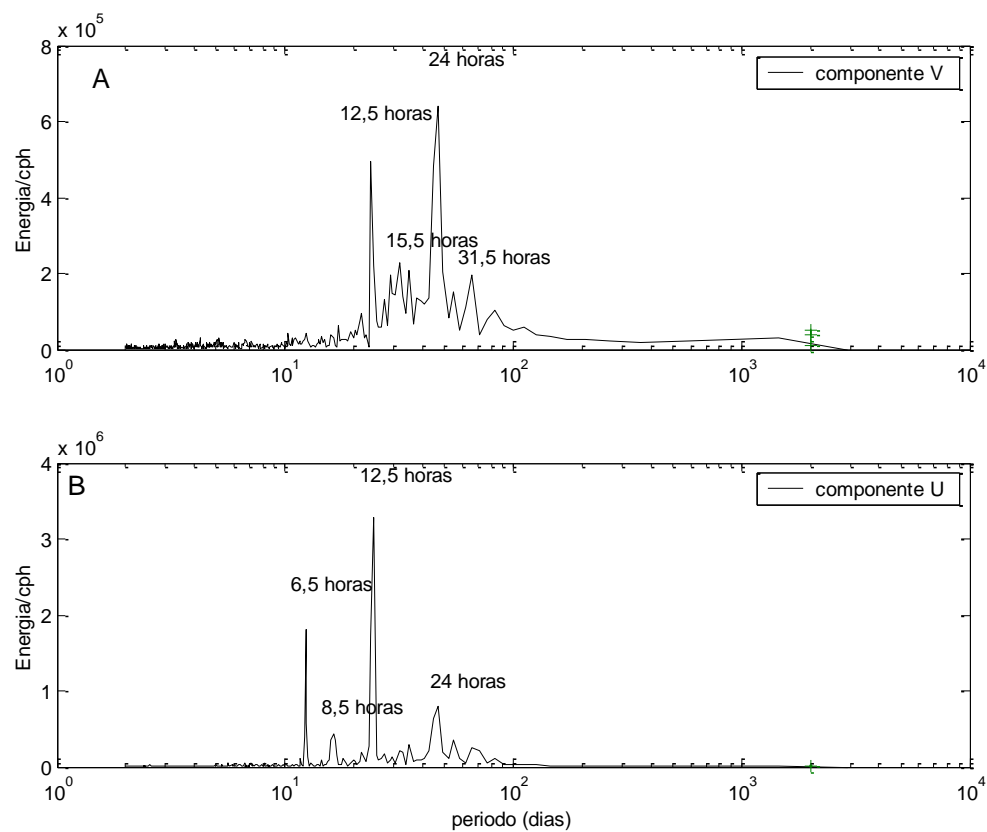


FIGURA 24 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

3.3 Fundeio 3 – (21/08/2007 – 13/10/2007)

O fundeio 3 cobre o período de inverno e primavera de 2007. Seguindo a mesma metodologia aplicada aos fundeios anteriores, são apresentados os vetores indicando a direção e a intensidade do vento (Figura 25) e as séries temporais das componentes longitudinais e transversais em relação à costa (Figuras 26A e 26B).

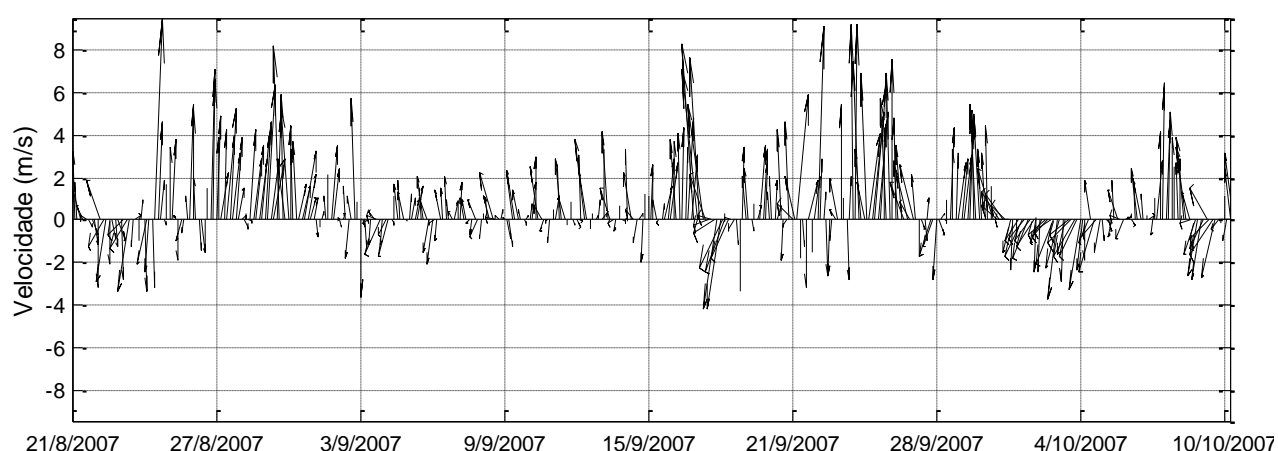


FIGURA 25- DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEREOLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SO.

Nota-se a predominância de ventos S (positivos) em toda a série, com inversões na direção (positivos e negativos) em períodos de poucos dias (Figura 25). Os ventos S são mais intensos que os ventos procedentes de outras direções, apresentando valores mais intensos (da ordem de 8,5 m/s). No mês de agosto pode-se observar a entrada de uma frente fria a partir do dia 27, o que acaba por aumentar significativamente a intensidade dos ventos até o fim deste mês. No mês de setembro houve três sistemas frontais que atingiram o litoral paranaense (entre os dias 14 e 17, 24 e 28 e 30), resultando em um aumento significativo na intensidade dos ventos. No mês de outubro nenhum sistema frontal atingiu a região de estudo, apesar de ter ocorrido um aumento dos ventos a partir do dia 7 do referido mês.

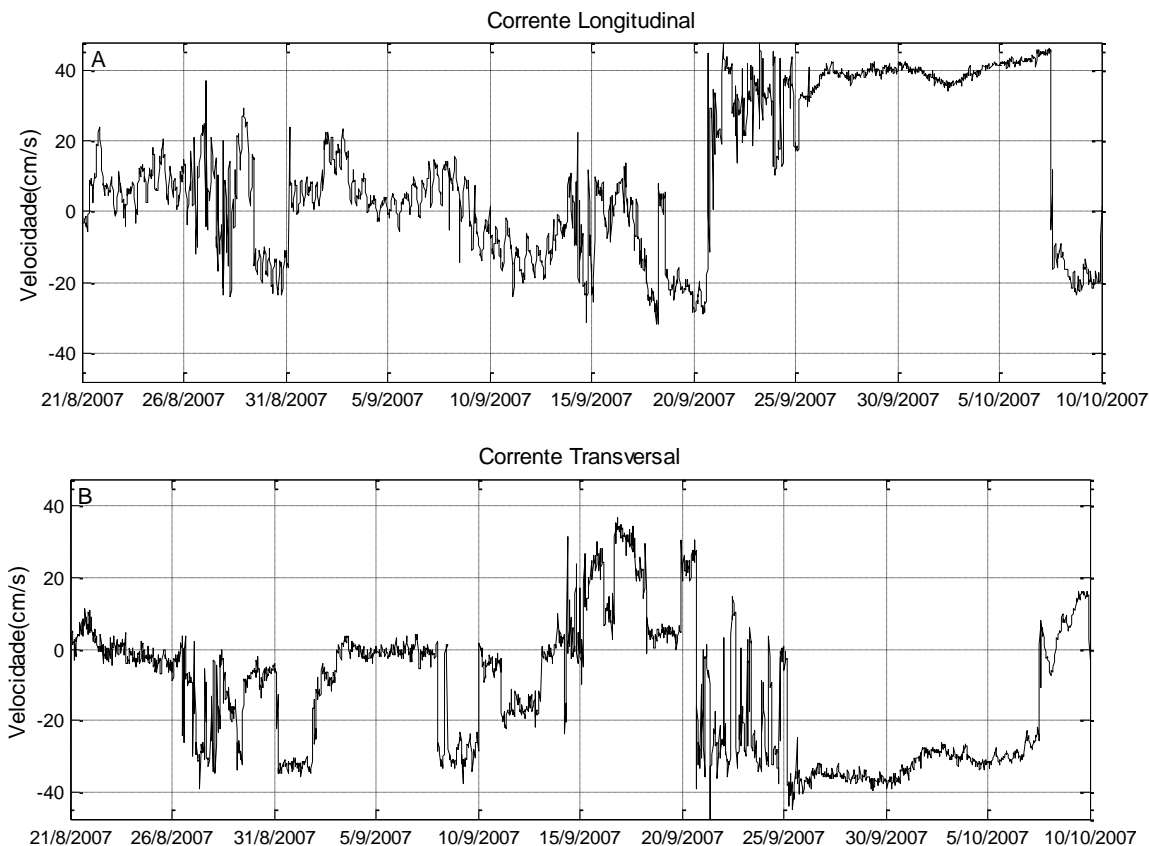


FIGURA 26 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM DIREÇÃO SUL E POSITIVOS PARA O NORTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

Os valores máximos de velocidade da corrente para a componente transversal são da ordem de 40 cm/s (Figura 26B) e as velocidades são muito variadas até o fim do mês de setembro, com mudanças na direção ocorrendo em períodos de alguns dias. A partir do fim do mês de setembro as velocidades tornam-se constantes e de direção negativa (S-SE), próximas de 40 cm/s, e somente no início de outubro estas voltam a ter direção positiva (N-NE).

Para as componentes longitudinais as velocidades maiores ficam também na ordem de 40 cm/s (Figura 26A). Estas não têm predomínio de direções positivas ou negativas até o fim do mês de setembro, isto é, possuem grandes períodos com direções preferencialmente positivas e grandes períodos com direções negativas; a partir do dia 20 de setembro as velocidades passam a ter somente direção positiva e constante (próxima de valores na ordem de 40 cm/s), voltando a serem negativas ao término do fundeio.

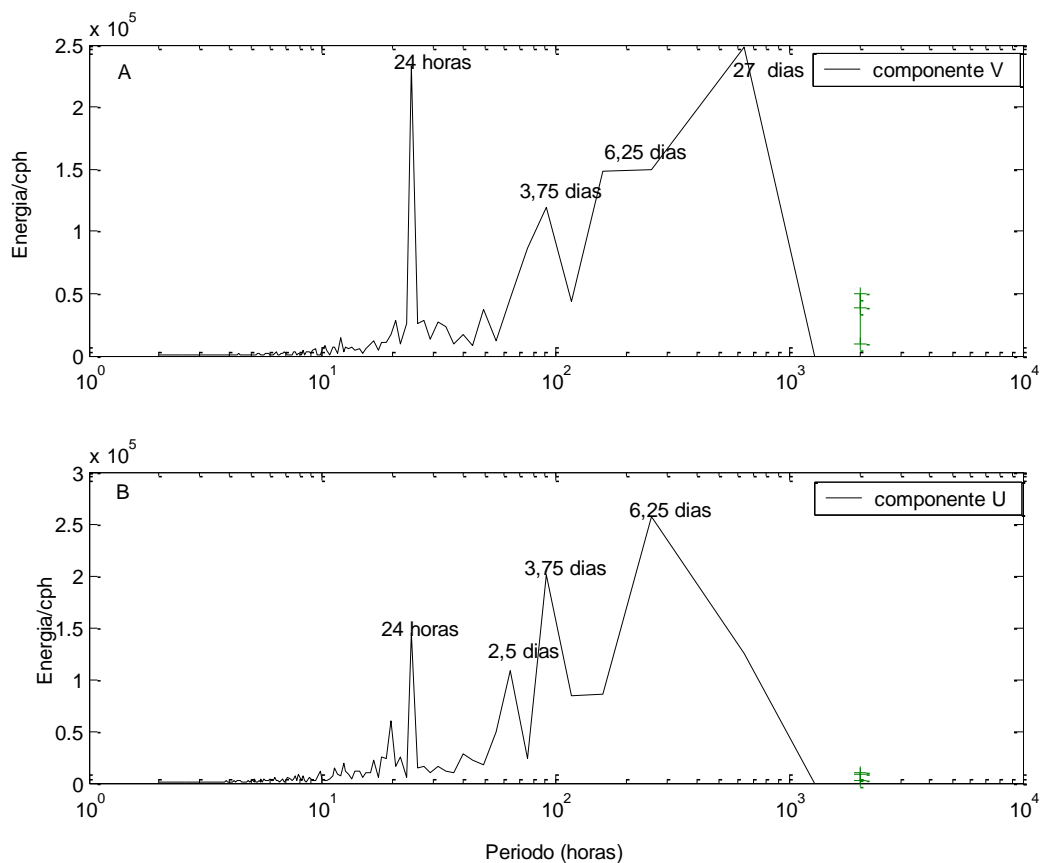


FIGURA 27 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO.

A

s As estimativas de densidade espectral calculadas para as componentes transversais e longitudinais do vento são apresentadas na Figura 27. Os resultados da componente transversal (Figura 27B) demonstram que os picos mais energéticos possuem períodos de 2,5 dias, 3,75 dias e 6,25 dias. Também pode-se perceber que existe um pico bem proeminente na banda de alta frequência (período de 24 horas), relacionado com a brisa.

Já na componente longitudinal (Figura 27A) existe uma diminuição crescente na amplitude da densidade dos períodos da banda de baixa frequência (da direita para a esquerda), sendo que o pico de maior amplitude ocorre no período de 27 dias, seguido do período de 6,5 dias e depois de 3,75 dias. Assim

como na componente U, existe um pico bem pronunciado na faixa de alta frequência durante o período de 24 horas relacionado à brisa.

Em relação às correntes, a estimativa da densidade espectral da componente longitudinal (Figura 28) apresenta um pico bem pronunciado e de maior amplitude no período de 20,2 dias e um segundo pico de maior amplitude ocorrendo no período de 18,5 dias, sendo estes seguidos por vários pequenos picos entre os dias 14,5 e 10,2 dias.

Com relação à componente transversal (Figura 29), esta apresenta uma diminuição crescente na amplitude das mais baixas frequências para as mais altas (da esquerda para direita), com o pico de maior amplitude ocorrendo no período de 20,2 dias, seguido dos períodos de 17,7 16,2, 13,3 e 10,4 e 6 dias, respectivamente.

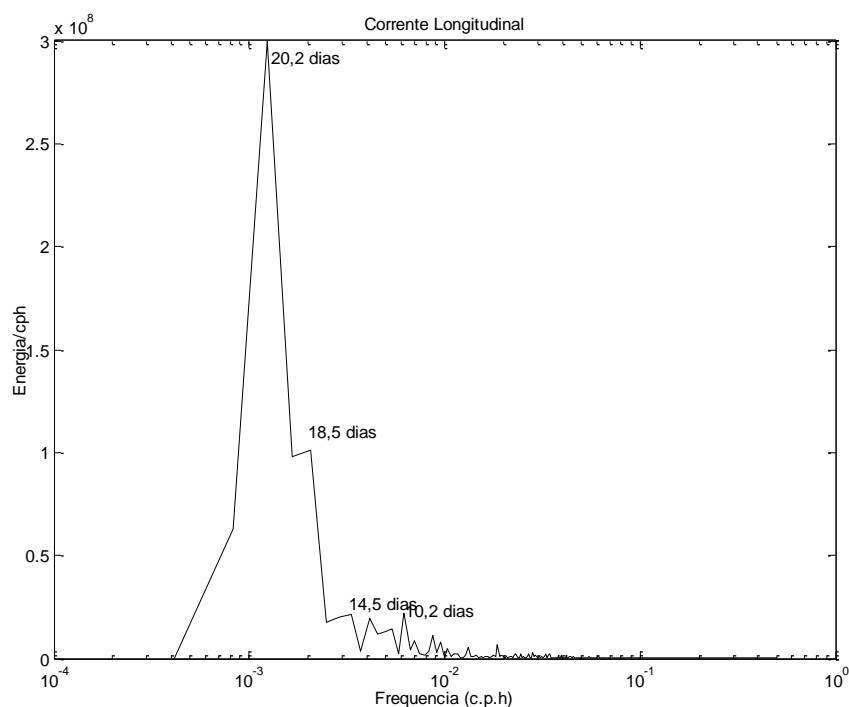


FIGURA 28- ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.

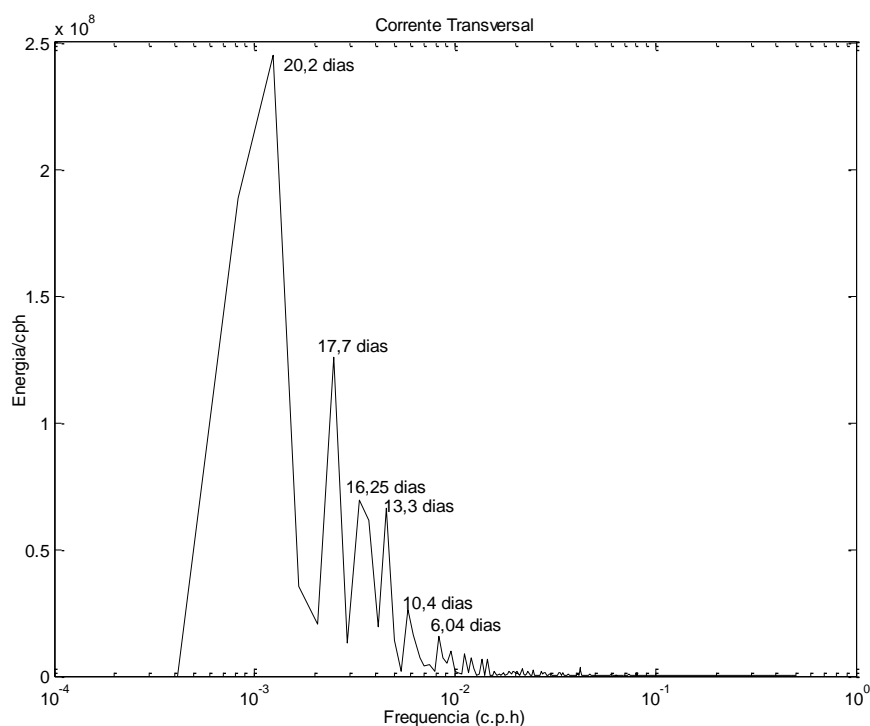


FIGURA 29 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.

3.3.1 Baixa frequência

As mesmas séries de vento da componente longitudinal (Figura 25) e as componentes das correntes (Figuras 26A e 26B), porém com a aplicação do filtro de passa-baixa, são apresentados na Figura 30. A partir destas é possível observar a existência de uma pequena correlação do vento longitudinal e das componentes das correntes, sendo esta quase nula no final da série onde existe uma forte corrente para N (componente longitudinal) e para O (componente transversal).

Através das temperaturas médias da água do mar para toda a série (Figura 30D), é possível observar que no início da série as temperaturas são constantes (variando entre aproximadamente 17° e 18°C). Existem picos de aumento das temperaturas a partir de 10 de setembro, relacionadas com a chegada de ventos fortes provindos de S que ocasionam um aumento na temperatura na ordem de 4°- 5° C.

A partir do dia 20 de setembro as temperaturas ficam maiores, sendo estas correlacionadas visivelmente com a grande intensidade dos ventos existentes a partir desta data e, principalmente, com a intensa componente longitudinal que se mantém alta e constante quase até o fim da série. No fim da série ocorre ainda o aumento significativo da temperatura da água relacionada com o aumento da temperatura superficial do ar que ocorre na região.

O sensor do equipamento de salinidade do fundeio de agosto a outubro de 2007 não registrou nenhuma medida, já que os valores encontrados estavam sempre abaixo dos 30 g.kg^{-1} , desde suas primeiras medições.

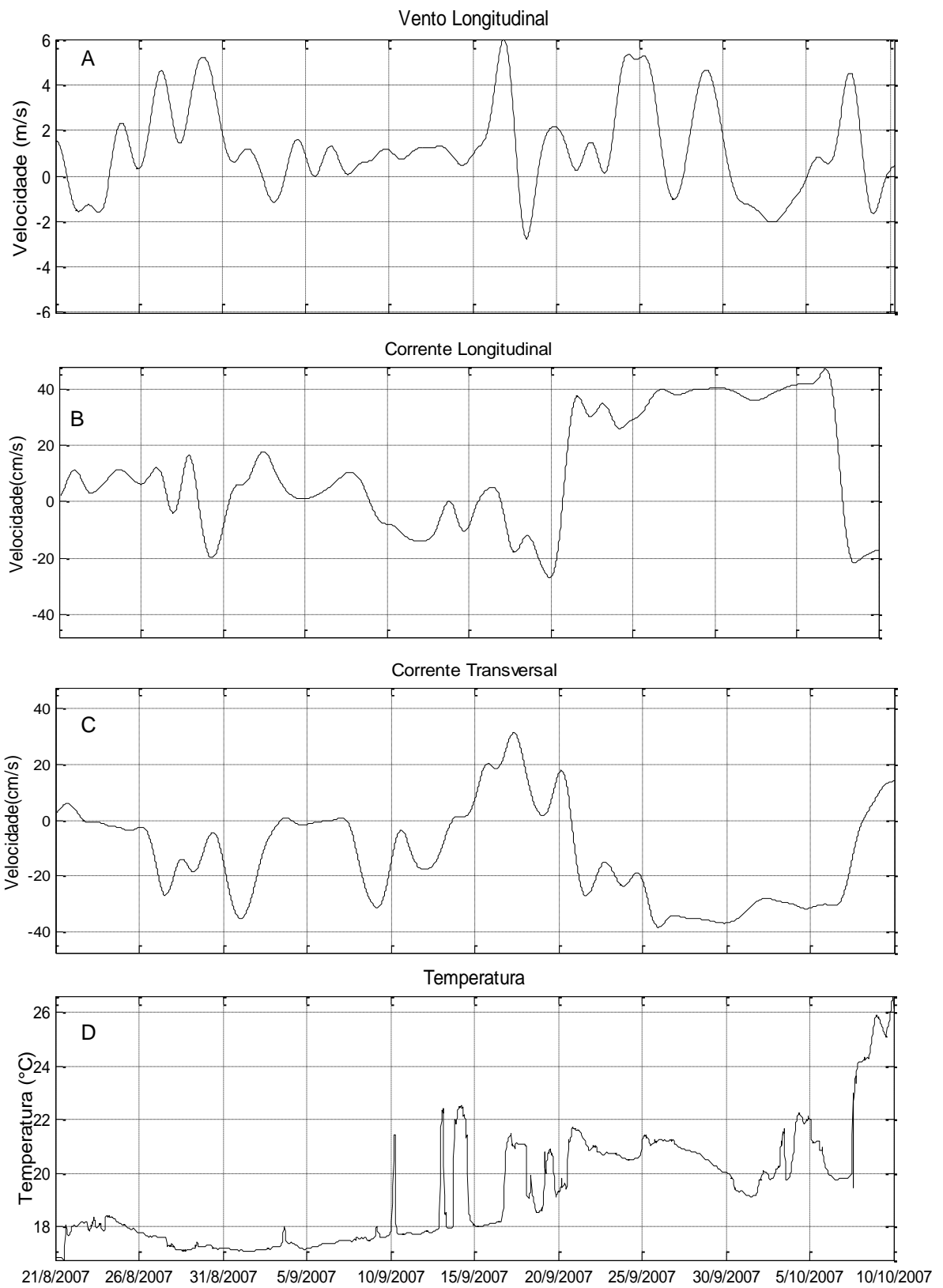


FIGURA 30 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.

A análise de correlação cruzada entre a componente longitudinal do vento, componente longitudinal da corrente e da componente transversal é demonstrada na Figura 31. Para a componente longitudinal da corrente, o coeficiente de correlação máximo foi negativo (valor de -0,12), demonstrando que a componente longitudinal do vento tem relação inversa com a componente longitudinal da corrente; assim, ventos S causam fluxos para o Sul nas correntes marinhas e também o aumento dos ventos não traria aumento das correntes e sim a diminuição destes últimos. É possível perceber também que existe ainda um atraso de fase de aproximadamente 20 horas em relação a esta componente. Para a componente transversal da corrente, a correlação é quase nula (não alcançado 0,02 de coeficiente positivo), também com um atraso de fase em relação ao tempo de 20 horas.

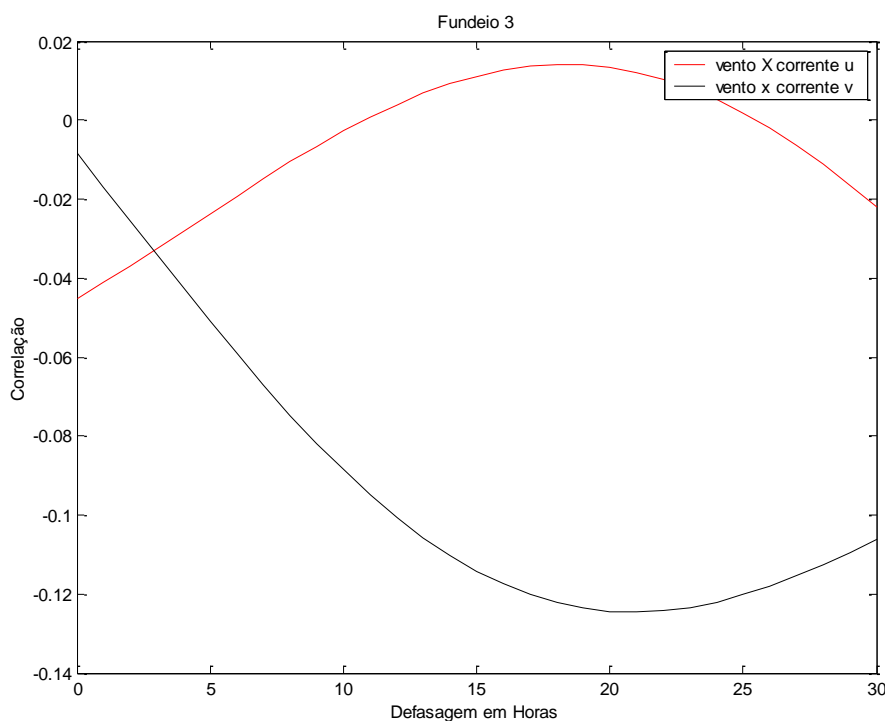


FIGURA 31 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.

A

partir dos vetores progressivos (Figura 32) observa-se que no fundeio entre agosto e outubro de 2007 existem muitas mudanças nas direções das correntes. No ponto A (27/08/07) existem correntes intensas com valor máximo na ordem de 44 cm/s e média de 27 cm/s, em um período de ventos do quadrante S (de moderado a forte), mas por um período curto de tempo.

No ponto B (29/08/07) as correntes continuam intensas (com médias próximas das encontradas no ponto A e valor máximo um pouco menor), e os ventos S continuam moderados.

No ponto C (02/09/07) as correntes são intensas (35,5 cm/s e média de 32,9 cm/s) e os ventos S fracos, com alguns períodos de ventos de NE moderados.

No ponto D (11/09/07), depois de um período de correntes fracas, ocorre um aumento destas (valor máximo atingindo 33,8 cm/s e média de 28 cm/s), mas durante este intervalo de tempo os ventos se mantêm fracos.

O ponto E (18/09/07) apresenta predomínio de correntes fracas, mas o vento durante este período, e por vários dias, é forte e proveniente dos quadrantes NE e E (valor máximo de 8,6 m/s e média de 6,3 m/s).

No ponto F (22/09/07) há correntes intensas, as maiores atingidas durante todo o período do fundeio (valores máximos de 59,2 cm/s) e as correntes permanecem intensas até o dia 10/10; já os ventos (principalmente do quadrante S) apresentam picos de intensidade com máximos valores atingindo 9,78 m/s, mas que não permanecem durante todo o período.

O ponto G (11/10/07) possuiu ventos de NE muito intensos (valores máximos de 8,3 m/s), mas com correntes bem mais fracas (valores máximos atingindo 25,7 cm/s).

Durante este fundeio pode-se perceber que as principais mudanças de direções estão intimamente ligadas com a passagem dos ventos provindos de S e NE.

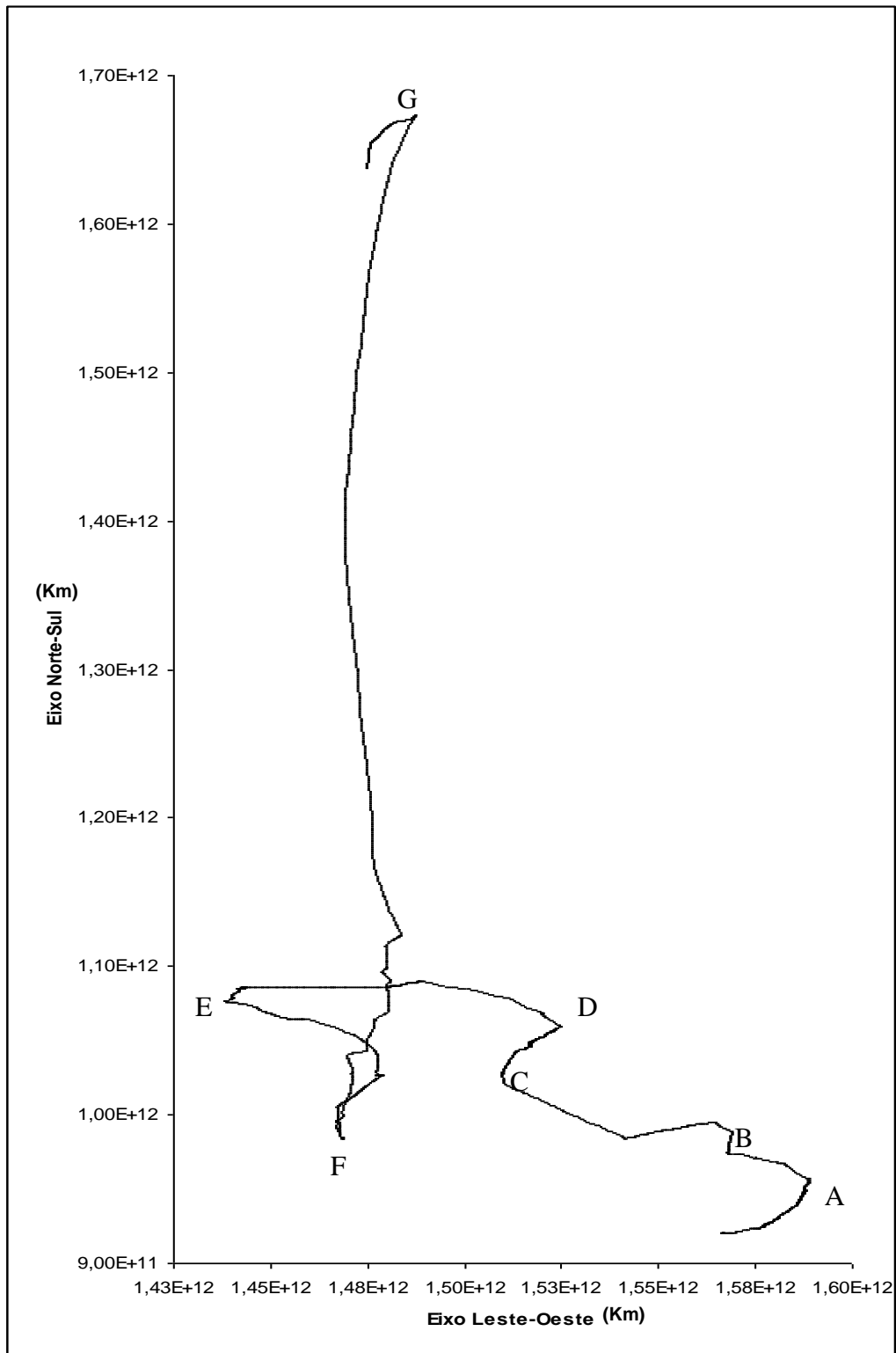


FIGURA 32 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.

3.3.2 Alta Frequência

As séries das componentes transversal e longitudinal das correntes, após a aplicação do filtro de passa-alta, encontram-se representados nas Figuras 33A e 33B.

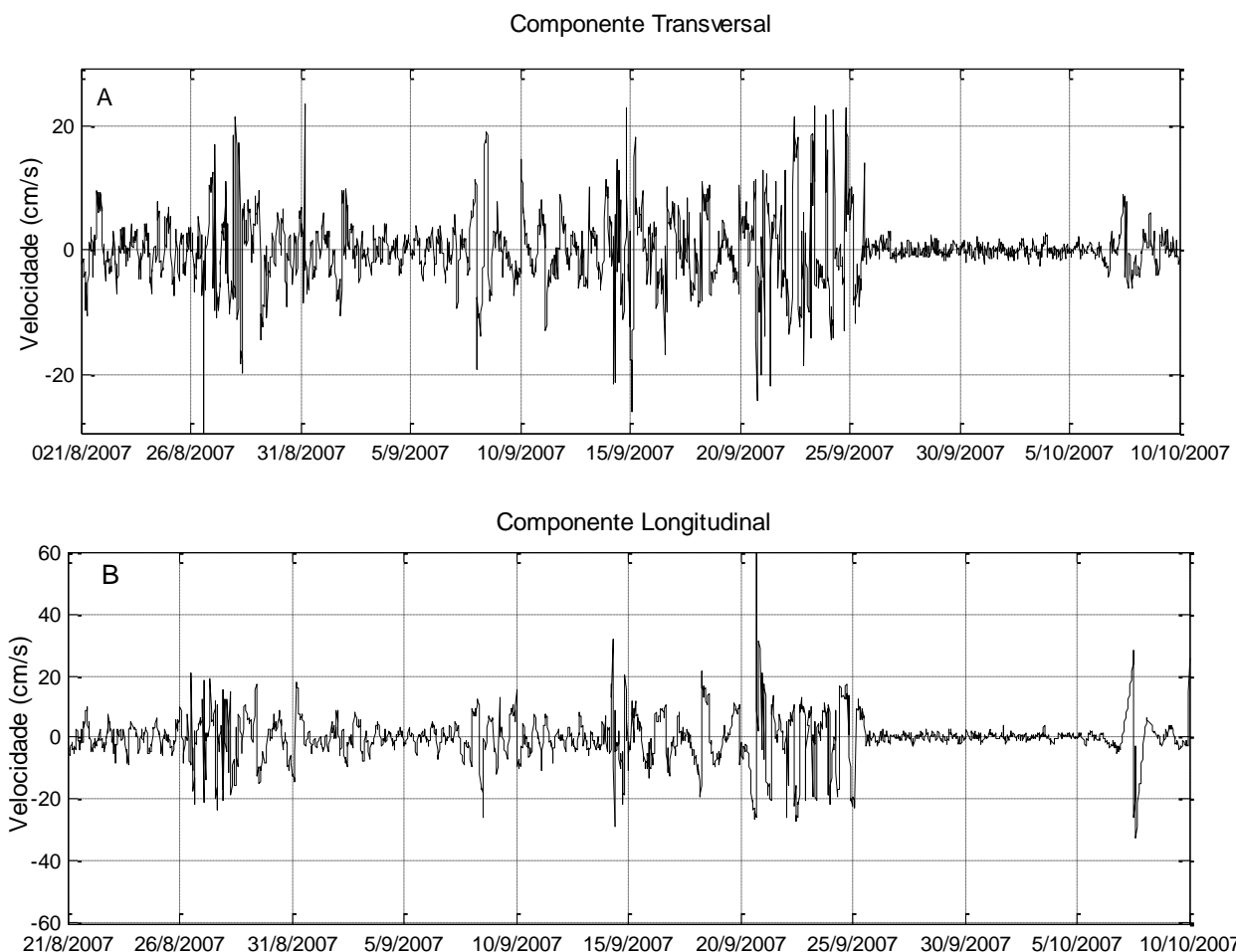


FIGURA 33 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

A baixa frequência é responsável por mais de 85% da variância total da componente longitudinal em toda a série. Diferentemente dos dois primeiros fundeios, na componente longitudinal, a banda de baixa frequência possui menor importância nas variabilidades das correntes do que a componente transversal,

mas ainda assim é responsável por mais de 89% da variabilidade total, evidenciando que a banda de frequência mais alta possuiu pouca importância para as duas componentes da série (Tabela 5).

TABELA 5 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.

Fundeio 3	Variância Total da série original	Variância Total da série filtrada	% da variância total
Componente Transversal	459,9470175	412,33	89,64
Componente Longitudinal	336,2664344	288,27	85,78

A partir desta série filtrada foi calculada uma nova análise espectral para alta frequência. A componente longitudinal (Figura 34A) apresenta seis picos bem distintos, que seguem em ordem de amplitude os períodos de 27,5 horas, depois três picos de amplitudes aproximadamente iguais (20,5 horas, 19 horas e 15 horas) e mais três picos de menor amplitude (12,5 horas (M2), 8,5 horas (M3) e 36 horas), possivelmente relacionados com variações atmosféricas. Para a corrente transversal (Figura 34B) existem sete picos, com as maiores amplitudes nos períodos de 12,5 horas, 25,5 horas, 19 horas, 20,5 horas, 15 horas, 6,5 horas e 8,5 horas, respectivamente.

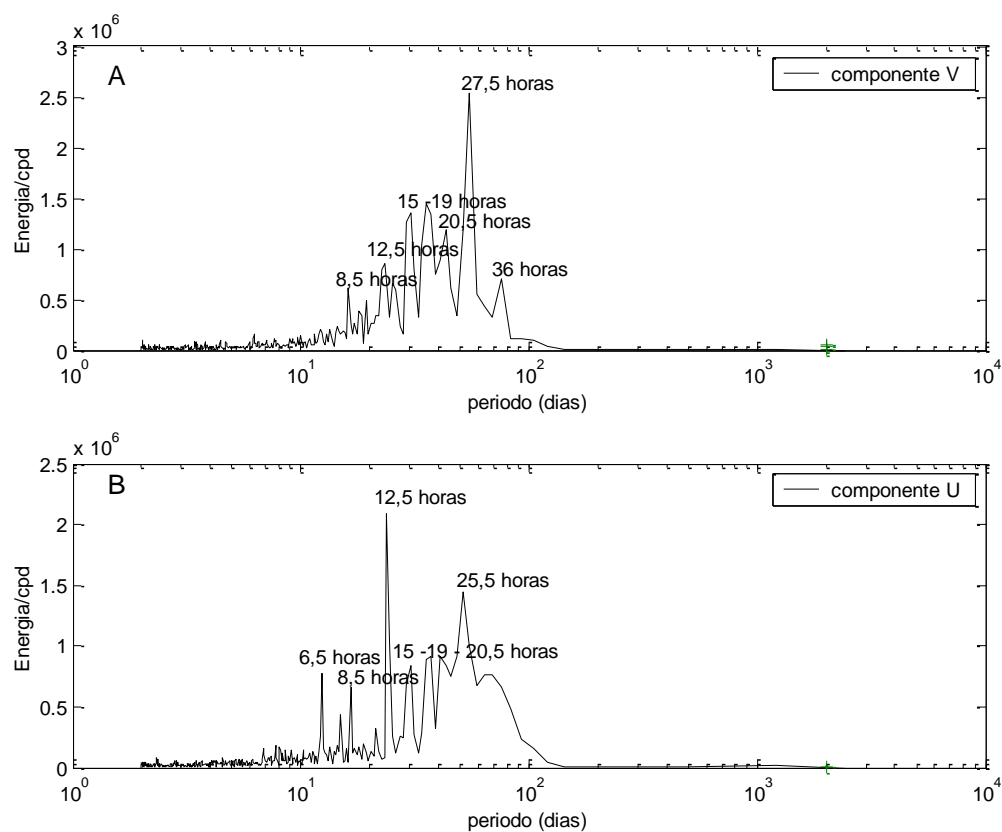


FIGURA 34 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

3.4 Fundeio 4 (01/11/2007 – 21/01/2008)

Este fundeio cobre os períodos de primavera e verão, sendo para este utilizada a mesma metodologia dos três fundeios anteriores, onde são apresentados inicialmente os vetores de direção e intensidade do vento (Figura 35) e as séries temporais da componente longitudinal e transversal para todo o fundeio (Figuras 36A e 36B).

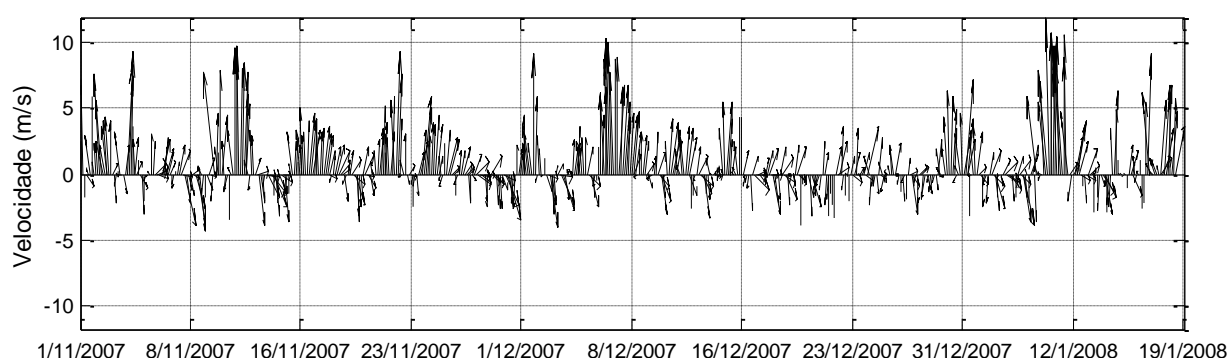


FIGURA 35 - DIREÇÃO E INTENSIDADE DO VENTO, MEDIDOS NA ESTAÇÃO METEOROLÓGICA DO CENTRO DE ESTUDOS DO MAR. VALORES NEGATIVOS INDICAM VENTOS DE N E NE E POSITIVOS DE S E SE.

Nota-se a predominância do vento S (positivo) em toda a série de dados, com máximos de velocidades na ordem de 10 m/s, mas também se observa uma grande quantidade de inversões (ventos NE e N), com intensidades bem menores, não ultrapassando 5 m/s (Figura 35).

Todos os cinco sistemas frontais que atingiram o litoral paranaense no mês de novembro causaram um aumento na intensidade dos ventos (nos dias 03, 05, 09, 15 e 20). No mês de dezembro somente um dos dois sistemas frontais que atingiram o Paraná (entre os dias 05 e 06), causou aumento significativo da intensidade dos ventos; a outra frente alcançou o litoral do estado no dia 12 e não causou grande aumento na intensidade. Já no mês de janeiro três sistemas frontais atingiram o Paraná (nos dias 06, 12 e 19), sendo que destes somente os dois últimos causaram aumento da intensidade dos ventos, com destaque especial

para o sistema frontal do dia 12, que dobrou a intensidade dos ventos em relação à média mensal.

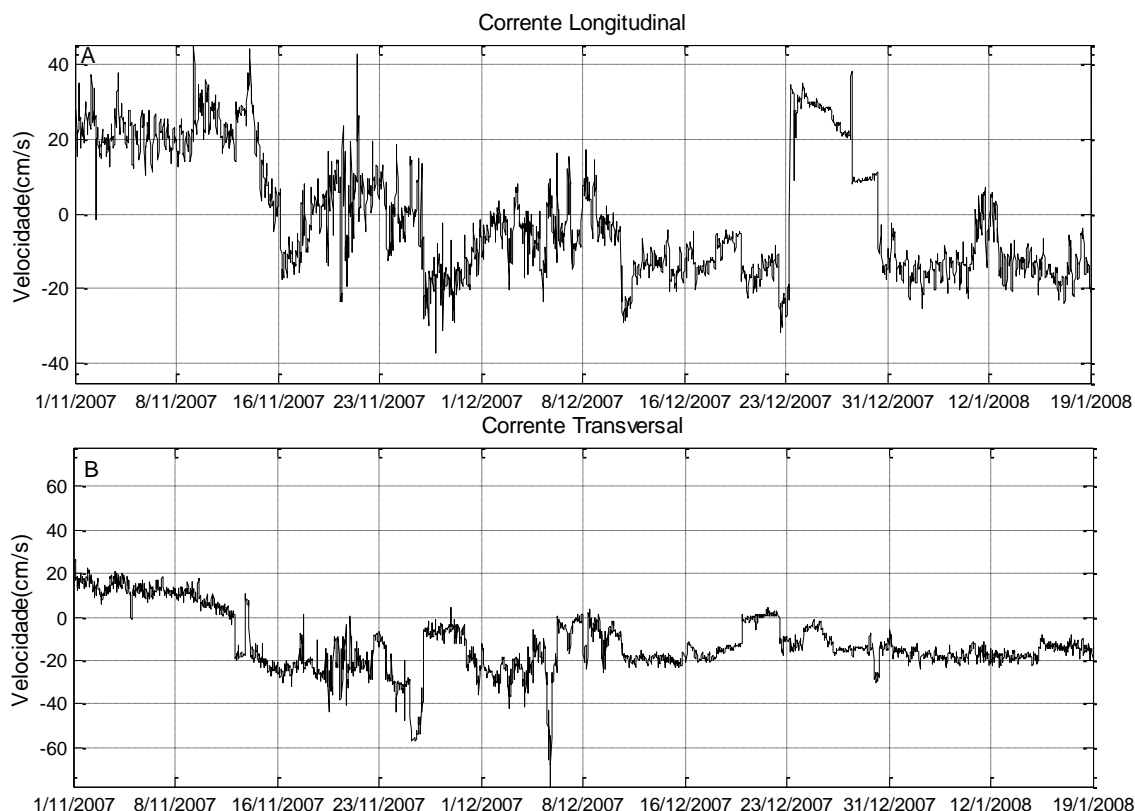


FIGURA 36 - (A) COMPONENTE LONGITUDINAL (PARALELA À COSTA) DA CORRENTE; (B) COMPONENTE TRANSVERSAL (PERPENDICULAR À COSTA) DA CORRENTE. VALORES NEGATIVOS INDICAM FLUXOS PARA O SUL, POSITIVOS PARA O NORTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

Para a componente transversal das correntes (Figura 36B) as maiores velocidades permaneceram na ordem de 60 cm/s. O início da série possui velocidades com direção positiva (N – NE) até a segunda quinzena de novembro, passando a ter velocidades com direção negativa (S – SE) até o fim da série. Para a componente longitudinal (Figura 36A) pode-se perceber que as maiores velocidades são encontradas na ordem de 40 cm/s. No início da série até a metade do mês de novembro existem somente velocidades com direções positivas (em direção ao N), mas a partir desta, até o fim da série, ocorrem inversões na direção das velocidades em períodos de poucos dias.

A estimativa de densidade espectral calculada para as componentes transversais do vento (Figura 37B) aponta dois picos bem distintos, sendo que o de maior amplitude ocorre durante o período de 6,5 dias e o segundo de maior amplitude no período de 24 horas; possui ainda três picos menores de amplitudes.

O espectro da componente longitudinal para o vento apresenta dois picos (37A) sendo o de maior amplitude no período de alta frequência de 24 horas e o outro pico, de amplitude bem menor, centrado no período de 5 dias.

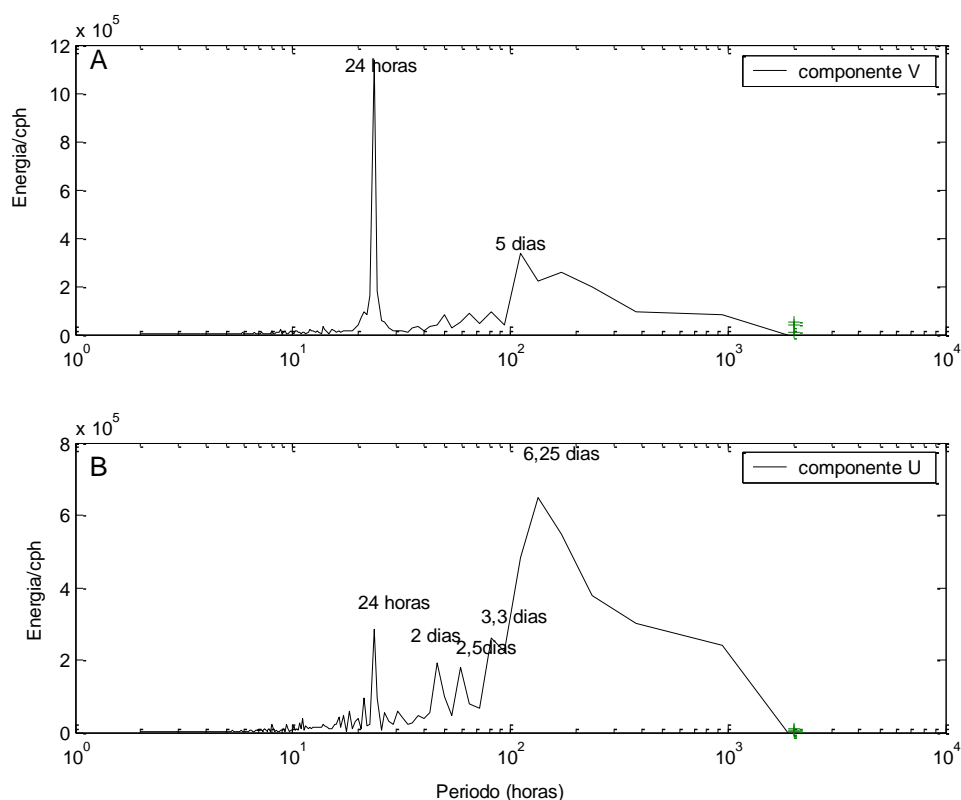


FIGURA 37 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) ESTIMATIVA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DO VENTO. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

O cálculo da estimativa da densidade espectral para a corrente longitudinal das correntes (Figura 38) aponta vários picos, sendo estes (em ordem decrescente) localizados nos períodos de 31 dias, 17,9 dias, 19,5 dias e 14,7 dias, respectivamente. Para a componente transversal (Figura 39), existe uma diminuição das amplitudes dos espectros de baixa frequência para os de mais alta

freqüência (da esquerda para direita do gráfico). Encontram-se cinco picos, sendo que o de maior amplitude possui período de 31 dias, seguido pelo pico de período de 20,7 dias, 19,7 dias, 18,5 dias e 15,6 dias, respectivamente.

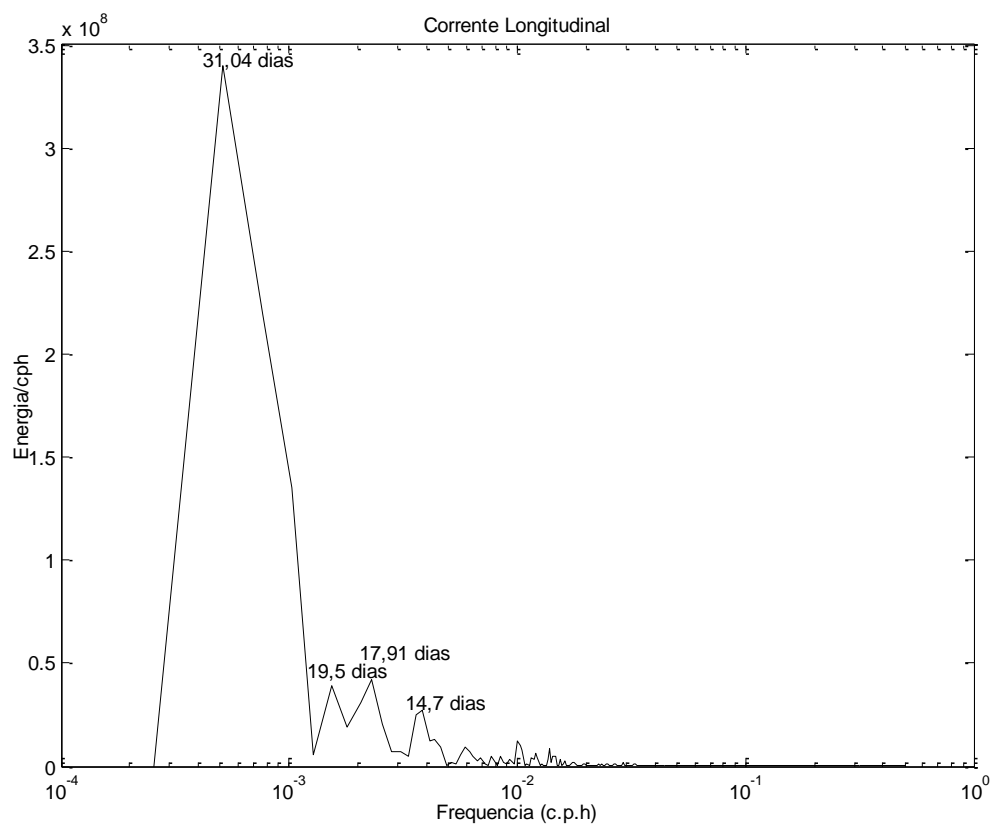


FIGURA 38 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE MEDIDA.

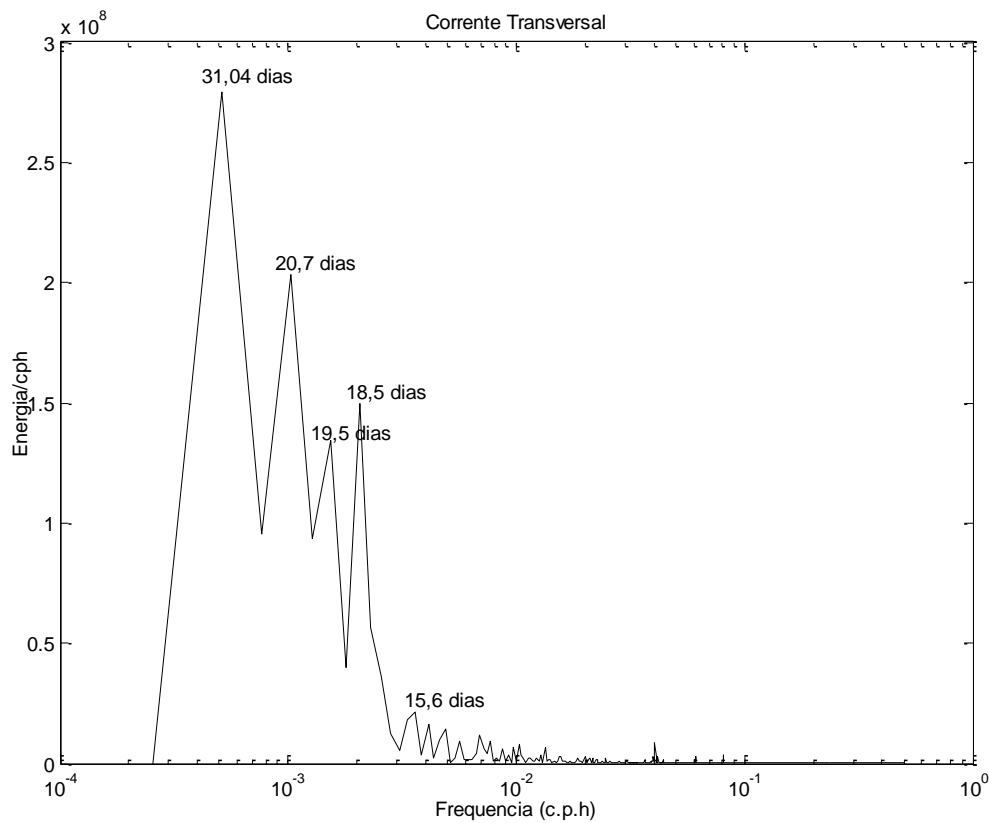


FIGURA 39 - ESTIMATIVA DE DENSIDADE ESPECTRAL DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE MEDIDA.

3.4.1 Baixa frequência

A componente ao longo da costa para os ventos, filtrada com o filtro de passa-baixa de 40 horas, é apresentada na Figura 40A e os dados das componentes filtradas com este mesmo filtro encontram-se representados nas Figuras 40B e 40C.

Através destas figuras pode-se perceber que para este fundeio também existe uma correlação entre a componente longitudinal do vento e as componentes das correntes, mas esta não é tão visível como a verificada nos fundeios anteriores.

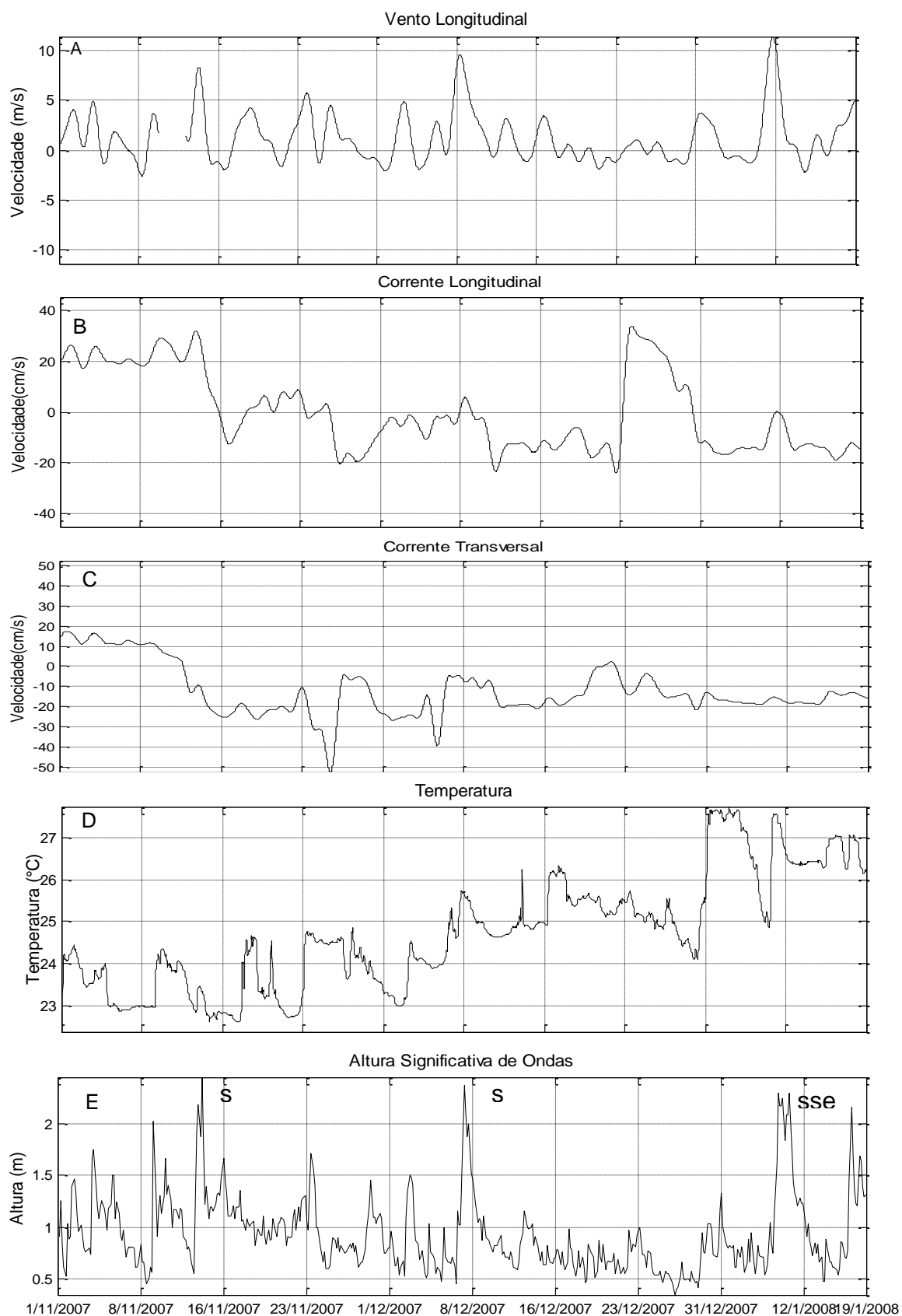


FIGURA 40 - (A) SÉRIES TEMPORAIS FILTRADAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO; (B) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (C) SÉRIES TEMPORAIS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE; (D) TEMPERATURA DA ÁGUA MEDIDA DURANTE TODO O PERÍODO DO FUNDEIO; (E) ALTURA SIGNIFICATIVA DE ONDAS DE TODO O PERÍODO DE FUNDEIO E A DIREÇÃO DAS ONDAS COM ALTURA MAIOR QUE 2M.

Através da temperatura média da temperatura da água durante todo o período do fundeio (Figura 40D), é possível observar que existe uma grande oscilação nas temperaturas. Estas oscilações parecem estar estritamente relacionadas com o aumento do vento S, uma vez que durante os mais intensos ventos de S ocorre o aumento de aproximadamente 1°C na temperatura da água; quando este cessa, a temperatura volta a sua “normalidade”. Esta relação pode ser vista durante todo o fundeio, onde se observa também uma tendência de aumento da temperatura relacionada com a passagem da estação de primavera para a estação de verão.

As alturas significativas das ondas para todo o período do fundeio são apresentadas na Figura 40E. Através desta pode-se notar que as alturas mais altas estão relacionadas também com o aumento da velocidade do vento S, onde ventos mais fortes resultam em ondas maiores (altura máxima na ordem de 2 m). As direções da qual provêm estas ondas de altura significa mais alta são principalmente do S e em menor escala do SSE.

A salinidade para o período de 18 dias, tempo no qual o sensor não sofreu nenhuma interferência é mostrado na Figura 41. Este demonstra pequenas oscilações com mínimos na ordem de 28 g.kg^{-1} e máximos na ordem de 31 g.kg^{-1} .

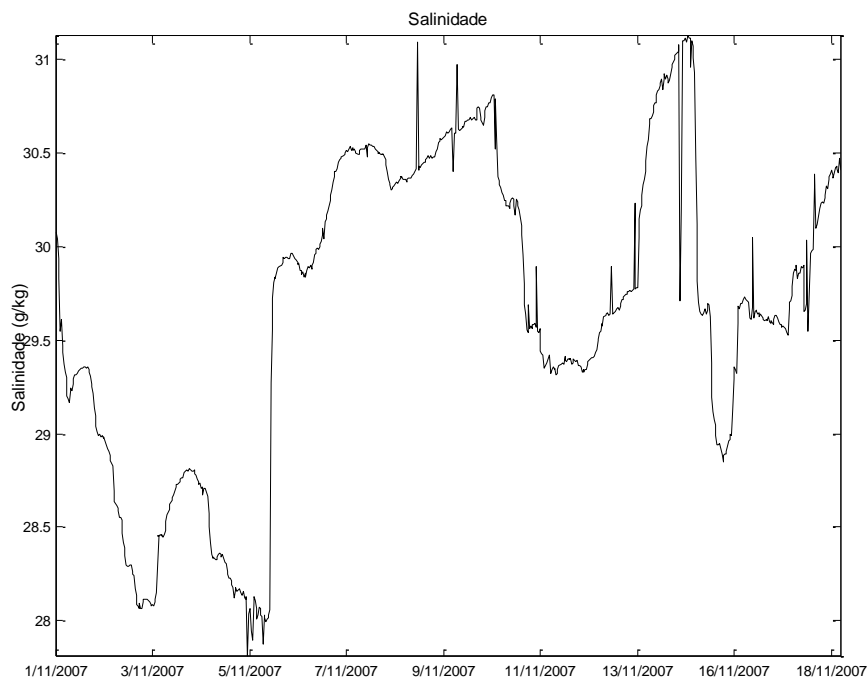


FIGURA 41 - SALINIDADE DA ÁGUA MEDIDA DURANTE O PERÍODO DO FUNCIONAMENTO DO SENSOR

A análise de correlação cruzada (Figura 42) apresenta um coeficiente de correlação para a componente longitudinal da corrente, em relação à componente longitudinal do vento, no valor de 0,14 e sem atraso de fase em relação ao vento. O coeficiente de correlação entre as componentes longitudinal do vento e transversal da corrente é quase zero e também não apresenta nenhum atraso de fase em relação ao vento.

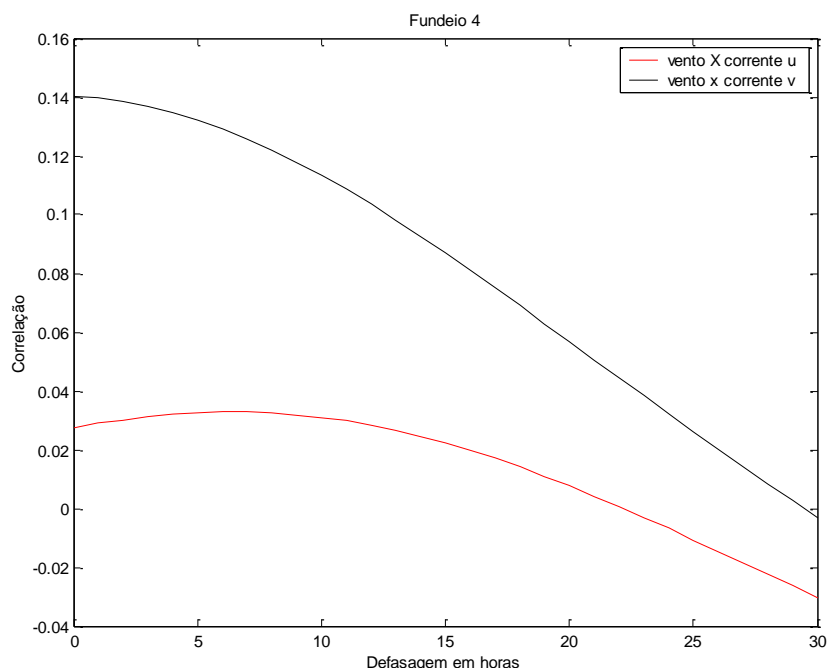


FIGURA 42 - CORRELAÇÃO ENTRE A COMPONENTE LONGITUDINAL DO VENTO E AS COMPONENTES TRANSVERSAIS E LONGITUDINAIS DA CORRENTE.

O diagrama de vetor progressivo confeccionado para todo o período do fundeio realizado entre novembro de 2007 e janeiro de 2008, pode ser visualizado na Figura 43, sendo este fundeio caracterizado por poucas mudanças bruscas ocorridas nas direções da corrente. No ponto A (14/11/07), as correntes encontradas são intensas (máximos de 42 cm/s e média de 33 cm/s), e os ventos S são fortes e constantes (valores máximos atingindo 9,8 m/s e média de 8,7 m/s).

O ponto B (29/11/07) apresenta correntes intensas (valores médios de 53 cm/s e máximo de 57,5 cm/s), juntamente com ventos do quadrante S moderados.

O ponto C (24/12/07) apresenta correntes fracas e constantes, com ventos de NE e E fortes (valor máximo de 7,3 m/s e média de 6,4 m/s).

Para o ponto D (28/12/07), as correntes apresentam-se fortes e constantes durante os próximos dois dias (valores máximos alcançando 56,8 cm/s e valores médios de 53,5 cm/s), sendo os ventos nestes dias preferencialmente de NE e E (valores máximos de 9,8 m/s e média de 6,6 m/s).

O ponto E (05/01/08) apresenta correntes constantes e moderadas, com ventos do quadrante S e SE também moderados.

Diferentemente dos outros fundeios, este apresenta mudanças das direções das correntes que não estão ligadas diretamente com as direções preferenciais dos ventos, como nos pontos B, D e E.

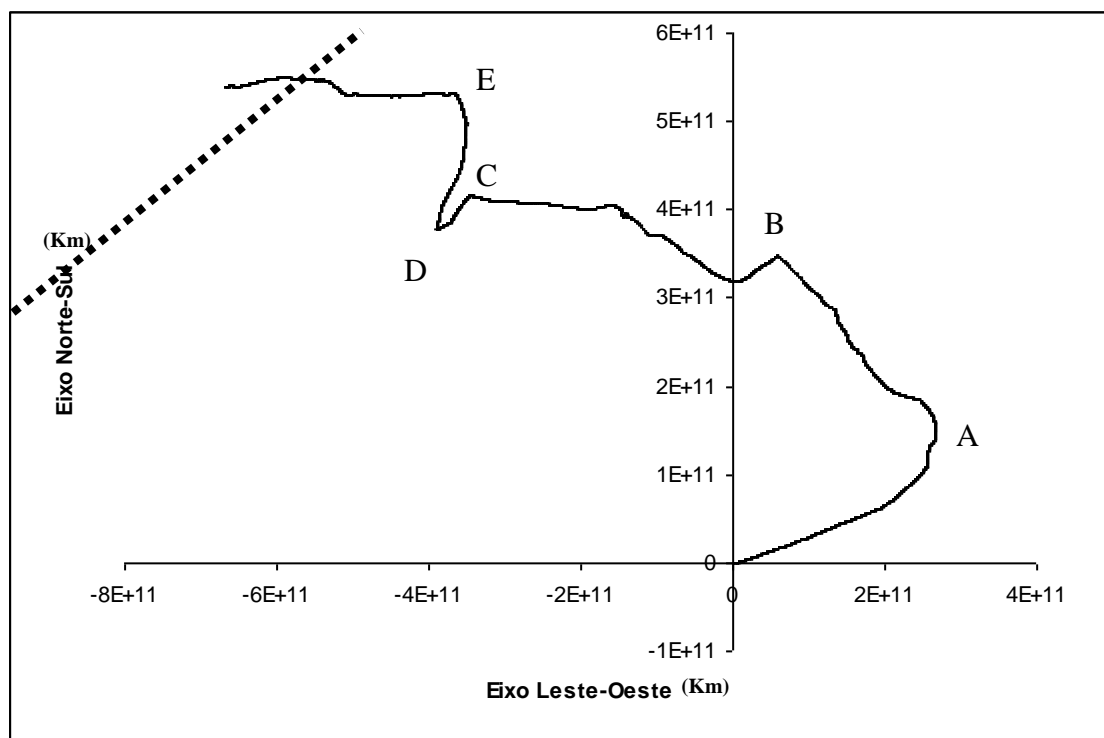


FIGURA 43 - VETORES PROGRESSIVOS DA CORRENTE PARA TODO O PERÍODO DO FUNDEIO.

3.4.2 Alta Frequência

As séries das componentes longitudinal e transversal das correntes, após a aplicação do filtro de passa-alta, encontram-se apresentadas nas Figuras 44A e 44B.

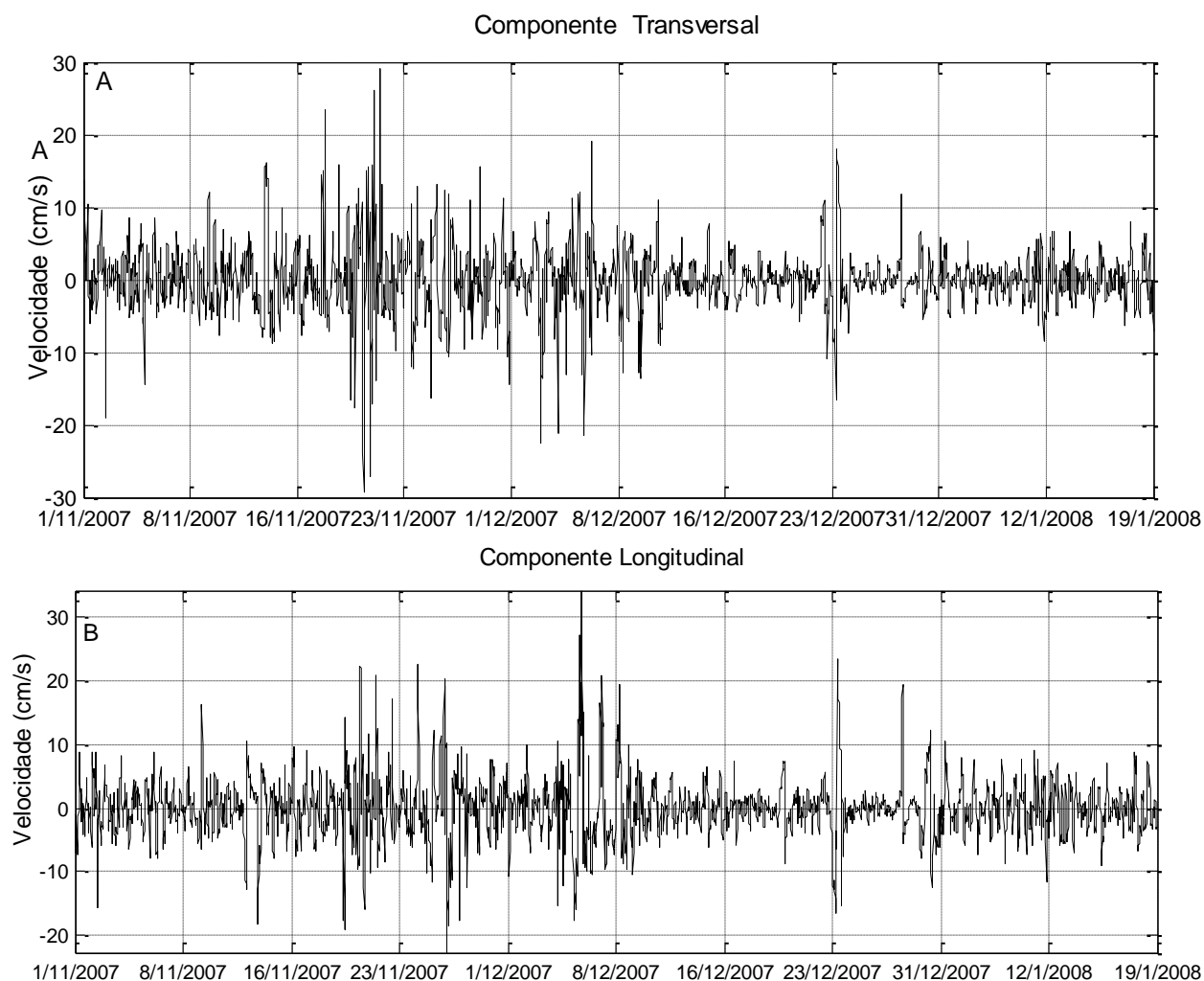


FIGURA 44 - (A) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE TRANSVERSAL; (B) VELOCIDADE DA CORRENTE EM ALTA FREQUÊNCIA ($T < 40$ H) PARA A COMPONENTE LONGITUDINAL. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

A baixa frequência é responsável por mais de 89% da variância total da componente longitudinal em toda a série. Para a componente transversal a banda de alta frequência representa um pouco menos que 12% da variância total, indicando que estas duas componentes são minimamente afetadas pela frequência de maré (Tabela 6). Esta variabilidade apresenta as mesmas características dos primeiros dois fundeios.

TABELA 6 - COMPARAÇÃO ENTRE AS VARIÂNCIAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL E TRANSVERSAL ORIGINAL E FILTRADA EM 40 HORAS.

Fundeio 4	Variância Total da série original	Variância Total da série filtrada	% da variância total
Componente Transversal	183,1151484	159,56	87,13
Componente Longitudinal	266,4180607	238,70	89,59

A partir desta série foi calculada uma nova análise espectral para a alta frequência. Como resultado, a corrente longitudinal (Figura 45A) apresenta picos não muitos distintos, que seguem em ordem de amplitude os períodos de 35 horas, 29 horas, 17,5 horas, 20 a 25 horas e 41 horas, sendo que o primeiro e o último possivelmente possuem relação com variações atmosféricas. Para a corrente transversal (Figura 45B) existem seis picos que são distinguidos mais facilmente, com as maiores amplitudes nos períodos de 12,5 horas, 24 horas, 31,5 horas, 6,5 horas, 8,5 horas e 36,5 horas.

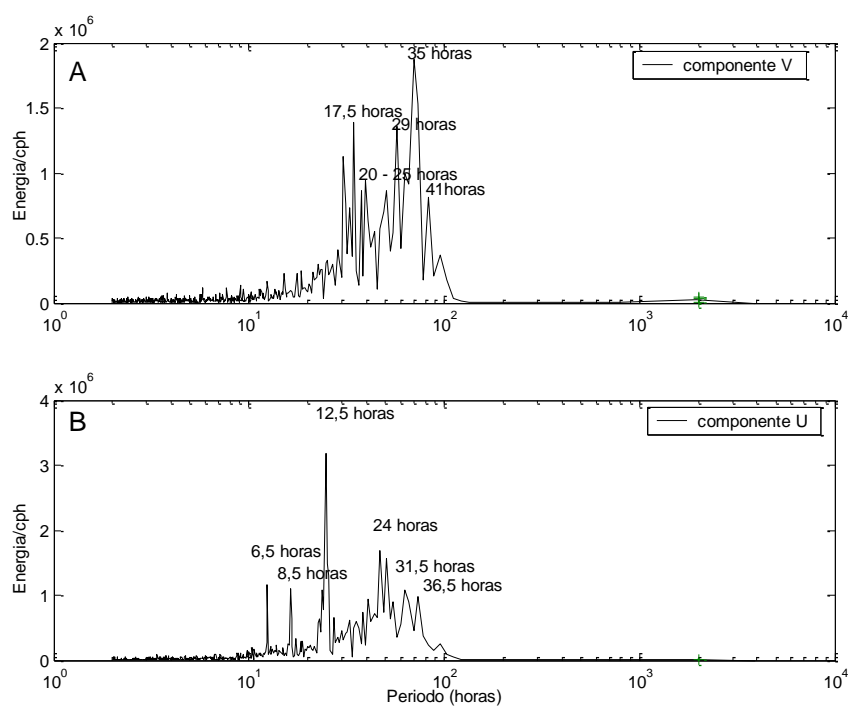


FIGURA 45 - (A) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE TRANSVERSAL DA CORRENTE; (B) ESTIMATIVA DA DENSIDADE ESPECTRAL DE ALTA FREQUÊNCIA DA COMPONENTE LONGITUDINAL DA CORRENTE. NOTE A DIFERENÇA NOS EIXO Y PARA AS DUAS COMPONENTES.

4. DISCUSSÃO

Devido à escassez de artigos ou mesmo trabalhos relacionados com as correntes na plataforma continental paranaense, os resultados apresentados por este presente trabalho não podem ser comparados e/ou corroborados com qualquer outra informação acerca da área de estudo. Sendo assim, muitas das discussões e comparações trazidas por este estudo serão realizadas com relação a outras áreas, onde se torna importante salientar para a existência de diferenças nos regimes de ventos e amplitudes de maré, nas profundidades onde os fundeios foram realizados e também na morfologia costeira.

4.1 Ventos e Ondas

Quando se compara os quatro fundeios, percebe-se que no fundeio 1 (durante o período de primavera do ano de 2006), as frentes frias que atingiram o litoral do Paraná de forma significativa (no total de 5), causaram aumento na velocidade dos ventos e foram responsáveis, durante este período, pelo predomínio de ventos S com altas intensidades e pequenos períodos de ventos de NE, de intensidade moderadas.

No fundeio 2 (de março a maio de 2007), os ventos de NE foram predominantes, mas os ventos de S foram os mais intensos e estão relacionados com a passagem de sistemas frontais. No mês de março, não houve a chegada de nenhum sistema frontal (característico dos meses de outono), e somente a partir do mês de abril houve passagem de frentes frias (4 destas afetaram a intensidade dos ventos na região de estudo, nos dias 4, 7 e 27 de abril e no dia 8 de maio), caracterizando uma situação mais próxima a de inverno.

Para o fundeio 3 (agosto a outubro de 2007), os ventos S foram mais intensos que os ventos procedentes de outras direções, com valores mais intensos (da ordem de 8,5 m/s). No mês de agosto houve a entrada de uma frente

fria a partir do dia 27, que resultou em um aumento significativo na intensidade dos ventos até o fim deste mês. No mês de setembro houve três sistemas frontais que atingiram o litoral paranaense (entre os dias 14, 17, 24, 28 e 30), onde foi possível visualizar um aumento significativo na intensidade dos ventos. No mês de outubro nenhum sistema frontal atingiu a região de estudo, apesar de ter ocorrido um aumento dos ventos S a partir do dia 7 deste mês.

No fundeio 4 (novembro de 2007 a janeiro de 2008), como em todos os outros fundeios anteriores, os ventos mais fortes foram de S; mas ao contrário de todos os outros fundeios ocorreram inversões destes ventos durante todo o período. Todos os cinco sistemas frontais que atingiram o litoral paranaense no mês de novembro (dias 03, 05, 09, 15 e 20) causaram aumento na intensidade dos ventos. No mês de dezembro somente um dos dois sistemas frontais que atingiram o Paraná (nos dias 05 e 06) causou aumento significativo da intensidade dos ventos.

Já no mês de janeiro três sistemas frontais atingiram o Paraná (dias 06, 12 e 19) e destes somente os dois últimos causaram aumento da intensidade dos ventos, com destaque especial para o sistema frontal do dia 12, que dobrou a intensidade dos ventos em relação à média mensal.

Quando comparados os cálculos de espectro de potência das componentes do vento para a componente longitudinal, os picos de maior amplitude encontram-se em 24 horas e estão relacionados com a brisa marinha; os picos entre 3,7 a 12 dias estão relacionados com a passagem de sistemas frontais. Somente no fundeio de agosto a outubro foi visualizado um pico com período de 27 dias, caracterizando uma situação de inverno. Esta mesma tendência de espectro em situação de inverno foi observada em fundeios por COSTA (2009), nas profundidades de 15 e 25 m, na plataforma interna do Rio Grande do Sul. TEIXEIRA (2006) também encontrou espectros com períodos maiores que 20 dias, relacionados aos meses de inverno na região de Abrolhos na Bahia.

Para a componente transversal do vento, todos os picos encontrados estão relacionados com a brisa marinha (24 horas) e com a passagem de sistemas

frontais (entre 2 e 12 dias), sendo este mesmo padrão encontrado em outros trabalhos desenvolvidos (TEIXEIRA, 2006; COSTA, 2009).

Com relação às ondas, para os três fundeios onde existem dados, nota-se que estas estão intimamente ligadas com a passagem de ventos S/SE, sendo que estes causam ondas de maior altura significativa em todos eles, isto é, quanto maior a velocidade destes ventos, maior a altura significativa.

Nos fundeios de primavera e verão são encontradas as maiores alturas significativas médias, mas no fundeio de outono as maiores alturas de onda são verificadas devido à aproximação do inverno, já que as maiores alturas ocorreram ao final de maio.

Segundo LENTZ *et al.*, (2001) quando a relação da altura significativa da onda, dividida pela profundidade local, for menor que 0,33 a tensão de cisalhamento das ondas pode afetar a componente transversal das correntes. No entanto, neste trabalho verificou-se que alturas significativas maiores que 3,3m ocorreram em poucas ocasiões e não foram, portanto, suficientes para afetar o campo de corrente.

4.2 Correntes

As componentes longitudinais das correntes apresentaram variabilidade significativa nas direções e intensidades médias (Tabela 7). Entre outubro e dezembro de 2006 foram encontrados os menores valores médios, entre todos os fundeios, com grande variabilidade na direção das correntes em períodos curtos de tempo. Entre março e maio de 2007 ocorreram períodos alternados com direção preferencial para N/NE e S/SE, sem o predomínio de uma sobre a outra.

No período de agosto a outubro de 2007 os máximos são também da ordem de 40 cm/s, com grande variabilidade passando do quadrante N para S em poucos dias e vice-versa, sendo preferencialmente fortes e constantes no fim do período para a direção N/NE. Neste ocorreram os maiores valores médios em comparação com os outros fundeios. No período entre novembro de 2007 a

janeiro de 2008 também houve grande variabilidade de direção, sendo em sua grande maioria para o NE até meados de dezembro e, posteriormente, com direção preferencial para S/SE. Neste período foram encontrados os maiores valores médios de correntes.

TABELA 7 - RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA COMPONENTE LONGITUDINAL DAS CORRENTES.

Período	Máximos/Média	Direção Preferencial	Variabilidade
Outubro a Dezembro (2006)	40cm/s– 2,4cm/s	N/NE	Alta
Março a Maio (2007)	40cm/s– 6,1cm/s	N/NE e S/SE	Alta
Agosto a Outubro (2007)	40cm/s– 11,3cm/s	N/NE	Alta
Novembro (2007) a Janeiro (2008)	40cm/s– 13,7cm/s	N/NE e S/SE	Alta

Os valores das componentes longitudinais obtidos para a costa paranaense foram menores (menos da metade) que os obtidos por COSTA (2009) para a costa do Rio Grande do Sul.

Já na costa de São Paulo, nas proximidades de Santos, MAZZINI (2009) encontrou correntes menos intensas que na costa do PR durante o inverno e mais intensas no outono. Já nas proximidades da Ilha de Montão do Trigo ocorre o inverso.

CECILIO (2006), através da modelagem da Plataforma Continental da Região Sul, encontrou velocidades ainda mais baixas durante o período de verão e outono, do que àquelas verificadas pelos autores citados acima. Segundo o autor, no verão as componentes longitudinais, em perfil batimétrico mais baixo, apresentam valores de aproximadamente 10 cm/s, enquanto que em perfis batimétricos mais elevados os valores são próximos de zero. No outono as velocidades são superiores, mas não ultrapassam os 40 cm/s. Estes resultados

diferem dos verificados na costa paranaense, os quais os valores de primavera e verão são mais intensos do que aqueles encontrados no outono.

Para as componentes transversais das correntes, a variabilidade das direções foi baixa, porém houve significativa variação na intensidade ao longo do ano (Tabela 8). Entre outubro a dezembro de 2006 foram encontrados os menores valores médios no sentido oceano adentro (L). Entre abril e maio de 2007 os máximos estão na ordem de 20 cm/s, com apenas uma mudança na direção que passa de oeste para leste em meados de novembro. Entre agosto de 2007 a janeiro de 2008 os máximos aumentam para 40 cm/s (agosto-outubro) e 60 cm/s (novembro-janeiro), com pequena variabilidade na direção das correntes, sendo freqüentemente em direção a costa.

TABELA 8 – RESUMO DAS CARACTERÍSTICAS DA COMPONENTE TRANSVERSAL DAS CORRENTES.

Período	Máximos/Média	Direção Preferencial	Variabilidade
Outubro a Dezembro (2006)	25cm/s– 1,51cm/s	L	Baixa
Março a Maio (2007)	20cm/s– 2,5cm/s	L e O	Baixa
Agosto a Outubro (2007)	40cm/s– 12,2cm/s	O	Baixa
Novembro (2007) a Janeiro (2008)	60cm/s– 12,2cm/s	O	Baixa

Os valores no litoral paranaense são próximos aos valores encontrados por COSTA (2009) para os fundeios de primavera e outono na costa do Rio Grande do Sul. No entanto, no inverno e verão os valores encontrados na costa do Paraná foram maiores quando comparados com a plataforma interna de São Paulo e seguem a mesma tendência da componente longitudinal, ou seja, com valores maiores no Paraná no período de inverno em relação a Peruíbe, valores similares no inverno e maiores no outono quando comparados a Santos e maiores no inverno e outono na Ilha de Montão de Trigo.

Para valores modelados na costa sul, CECILIO (2006) encontrou velocidades menores que 3 cm/s no verão e praticamente nulas no outono. Outros autores como RIVAS (1997), SOARES & MOLLER (2001), ZAVIALOV *et al.*, (2002) e TEIXEIRA (2006) obtiveram resultados similares aos encontrados no litoral paranaense para as duas componentes e, apesar de encontrarem valores máximos mais altos, as médias ficaram próximas das encontradas na plataforma interna paranaense. Por outro lado, COSTA (2009), MAZZINI (2009), TEIXEIRA (2006), AMORIM (2005) e HÉQUETTE *et al.*, (2008), observaram valores da componente longitudinal mais intensos que os da componente transversal.

Ao analisar os vetores progressivos que determinam o deslocamento teórico de uma partícula através das correntes observadas, observa-se que entre agosto e dezembro de 2006 e entre abril e março de 2007 houve uma tendência equivalente da direção das correntes, uma vez que estas seguem em direção a NO e depois passam a seguir para SE e E. Esta mesma tendência foi observada entre novembro de 2007 e janeiro de 2008, com a diferença de que predomina o deslocamento para NO. Padrões similares também foram observados na costa de São Paulo (MAZZINI, 2009).

Entre agosto e outubro as partículas seguem uma direção bem distinta dos outros meses, apesar das correntes iniciarem em direção a NO e passarem a seguir para N na maior parte do período. Esta diferença está relacionada com correntes fortes (de aproximadamente 40 cm/s) e constantes (durante 15 dias ininterruptos), que não estão relacionadas nem com a passagem de sistemas frontais, nem com o aumento da altura das ondas. Isto sugere que estas correntes possam estar relacionadas com algum processo de entrada de massas de água provindas da plataforma continental mais externa ou de massas de água provenientes das regiões mais ao sul da área de estudo. Estas hipóteses poderiam ser comprovadas pela entrada de águas mais quentes que ocorreram neste período, mas sem os dados de salinidade esta afirmação não pode ser totalmente aceita, uma vez que o aumento da temperatura da água também pode estar relacionado com a mudança de estação, sendo assim sazonal.

RIVAS (1997), ao analisar fundeios em diferentes profundidades na Plataforma Interna da Argentina, também encontrou que as correntes de baixa-freqüência são basicamente dirigidas para N-NE. Este autor relata que a intensidade das componentes de baixa freqüência é modulada por pulsos de duração de poucos dias e que, durante alguns destes pulsos, a direção do fluxo torna-se invertida, não sendo fácil identificar períodos onde a magnitude do vento possa estar relacionada com as correntes. É interessante salientar que esta mesma dificuldade foi evidenciada neste estudo e será discutida adiante.

Ao estudar a circulação da PCI (Plataforma Continental Interna) no estado de São Paulo, MOREIRA (1999) concluiu que a circulação sofre grande influência do vento, seja este local ou remoto. Ao sul do canal de São Sebastião predominam correntes fluindo para NE, enquanto que ao norte do canal a predominância foi para SW, havendo coerência significativa entre a corrente e vento, tanto ao sul quanto ao norte do canal.

COELHO (2008), através da modelagem numérica, estudou a resposta da PCSE a ventos sazonais e sinóticos de verão entre Cananéia e São Sebastião, e encontrou que a 10 m de profundidade o fluxo observado foi para NE na PCI. Em uma seção transversal em frente a Santos, o escoamento foi todo para NE, com intensidade máxima de 0,15 m/s. A partir desta mesma seção, foi verificado que, com a passagem das frentes, as correntes na PCI (predominantes para NE), adquirem em superfície o dobro da intensidade (0,25 m/s), quando comparadas ao estado básico climatológico médio de verão.

MOLLER *et al.*, (2008); PIOLA *et al.*, (2008) e SOUZA & ROBINSON (2004) demonstraram que no inverno os fluxos costeiros são predominantes de N-NE (positivos) e forçados principalmente pela maior incidência de ventos do quadrante S, para o litoral do Rio Grande do Sul. No litoral do Paraná, durante todos os períodos do fundeio os fluxos foram predominantes para N-NE, devido a incidência de ventos do quadrante S, que foram em quase todos os períodos dos fundeios predominantes e mais fortes.

ZAVIALOV *et al.*, (2002), verificam que no período entre março a junho as correntes dirigidas para o N (positivas) estão presentes mesmo em situações de

ventos do quadrante N (negativos), e que muitas vezes a corrente pode estar respondendo a um efeito remoto.

CASTRO e MIRANDA (1998) indicam correntes na plataforma interna com uma distribuição bi-modal durante todo o ano na PCSE, em acordo com as direções nordeste e sudoeste de predomínio do vento.

O trabalho de MAZZINI (2009) conclui que existe a tendência das correntes na Plataforma Continental Interna (PCI) apresentarem sentido predominante de NE, sobretudo entre Santos e São Sebastião, sendo este compatível com o sentido predominante encontrado na Plataforma Interna Paranaense. Através de medições diretas, diversos outros autores (MATSURA (1975); LUEDEMANN (1991) *apud* MAZZINI (2009); CASTRO FILHO *et al.*, 1995) e de simulações numéricas (COELHO, 2008) apresentam evidências de que o fluxo predominante é no sentido NE, principalmente nas porções centrais e sul da PCSE.

Este predomínio na direção das correntes para NE e as mudanças de direções observadas nos vetores progressivos estão intimamente ligadas com a passagem de ventos S e de ventos NE no litoral paranaense. Entretanto, diferentemente do que se esperava, esta relação acabou não sendo corroborada pelo cálculo da correlação entre a passagem do vento e a aumento da intensidade da corrente, uma vez que os resultados demonstraram que esta correlação é quase sempre baixa.

Para a componente longitudinal do vento a máxima correlação alcançada foi encontrada entre outubro e dezembro de 2006 (com um valor de 0,5), seguida do período entre abril e maio de 2007 (com valor de 0,3); já entre agosto e outubro de 2007 esta correlação passou a ser negativa e muito baixa (-0,12), enquanto que entre novembro de 2007 e janeiro de 2008 passa a ser novamente positiva, mas quase nula (0,14).

Os valores apresentados para a correlação entre a componente longitudinal do vento e da corrente na Plataforma Paranaense ficaram muito abaixo dos encontrados em outros trabalhos. COSTA (2009), encontrou valores de no mínimo 0,6 para o todos os períodos de fundeio, com atrasos entre 2 e 4 horas entre a passagem do vento e da corrente. SOARES e MOLLER (2001) verificaram valores

positivos também de 0,6, mas com atrasos de 14 horas. ZAVIALOV *et al.*, (2002) encontrou máximos de 0,7, com atraso de 18 horas, mas há que se salientar a existência de uma grande distância entre o fundeio e estação meteorológica.

HIRATA (2008) encontrou os mesmos valores em fundeios realizados em profundidades maiores que 100 m e com um correntômetro na profundidade de 30m. TEIXEIRA (2006) encontrou valores ainda mais altos de 0,82 para a componente longitudinal em profundidades de 7,7m e 8,7m, com atrasos de 2,5 e 4 horas.

Diferentemente, MAZINNI (2009) encontrou correlação negativa de 0,8 para Peruíbe (com atraso de fase de 19,2 horas) passando a ser positiva para Santos (valor de aproximadamente 0,6 e atraso de 36 horas e 43 horas) e na Ilha de Montão Trigo, não há correlação. O trabalho de RIVAS (1997) revelou valores muito semelhantes aos verificados no litoral do Paraná para os fundeios com correntômetros em profundidades semelhantes a este. Já no trabalho de LASS & MOHRHOLZ (2005), desenvolvido na costa da Namíbia na África, as correlações não ultrapassam 0,5.

Também foram encontradas altas correlações entre o vento e as correntes costeiras por SMITH (2009) para a costa da Flórida nos Estados Unidos da América, FAWCETT *et al.*, (2008) para a costa da África do Sul e ALBEROLA & MILLOT (2003) para a costa francesa.

Correlações moderadas foram verificadas em COSTA (2009), MAZZINI (2009) e LASS & MOHRHOLZ (2005), enquanto que no Paraná nenhuma alta correlação foi encontrada. Estas diferenças estão possivelmente associadas à profundidade em que o equipamento efetuou as medições, uma vez que em nenhum deles estava fixo ao fundo, mesmo nos que estavam em profundidades semelhantes a este estudo. Outra hipótese para esta baixa correlação pode ser explicada pela proximidade com a desembocadura e a configuração da costa paranaense que será discutida abaixo.

Quanto à correlação da componente longitudinal do vento com a componente transversal da corrente, os valores são ainda mais baixos, sendo de

0,2 entre outubro e dezembro de 2006, de 0,17 entre março e maio de 2007 e de aproximadamente zero para os outros períodos.

Ao contrário das componentes longitudinais, os valores de correlação da componente transversal no litoral do Paraná se assemelham com outros estudos desenvolvidos em diferentes localidades. O estudo de COSTA (2009) apresenta correlações nulas para as camadas mais profundas nos períodos de primavera e verão e correlações que variam de 0,2 a 0,4 no inverno, com atrasos de no máximo 4 horas.

SOARES e MOLLER (2001) verificaram valores negativos de - 0,6, mas com atrasos de 15 horas, enquanto ZAVIALOV *et al.*, (2002) encontraram máximos de 0,7, com atraso de 24 horas, mas onde há que se ressaltar novamente a grande distância entre o fundeio e estação meteorológica.

HIRATA (2008) também encontrou altos valores de correlação entre estas componentes, enquanto que TEIXEIRA (2006) encontrou valores de aproximadamente 0,6 para a componente transversal em profundidades de 7,7 m e 8,7 m, com atrasos de 6 horas.

Diferentemente, MAZINNI (2009) encontrou correlação negativa de -0,75 para Peruíbe, com atraso de fase 1,5 a 2 dias; em Santos esta correlação ainda é negativa -0,6 e atraso de 0 a 6 horas; na Ilha de Montão Trigo esta correlação é positiva (0,5) e apresenta um atraso de 7,2 a 9,6 horas.

Para tentar avaliar em que periodicidade ocorrem as correntes mais energéticas, foram feitas as estimativas das densidades espectrais das componentes longitudinais e transversais das correntes, que resultaram em valores muito parecidos, tanto entre as componentes de cada fundeio como entre os fundeios. Verificou-se que a grande maioria dos picos estão relacionados com a passagem de sistemas frontais entre 6 e 20 dias, e picos de menor amplitude em períodos de alta frequência (6,5 e 35 horas), relacionados com a maré.

Períodos próximos a estes foram verificados principalmente nas bandas de altas frequências nos trabalhos de COSTA (2009), MAZZINI (2009), HIRATA (2008), TEIXEIRA (2006), ZAVIALOV *et al.*, (2002), SOARES e MOLLER (2001) e RIVAS (1997), apesar de que em muitos destes trabalhos foram encontrados

picos em frequências de 2 a 5 dias, que também estão relacionados com a passagem de sistemas frontais. No litoral paranaense também são verificados picos de alta amplitude entre 27 e 31 dias, assim como em TEIXEIRA (2006), relacionados tanto com a passagem de frentes frias como com as mudanças de estações.

Em MAZZINI (2009) os resultados mostraram que as componentes de correntes paralelas à topografia foram mais energéticas, sendo aparentemente geostróficas. Correntes forçadas pelo vento na PCI foram observadas em Peruíbe durante o verão, e próximo a Ilha do Montão. Já em Santos, o vento não foi capaz de suplantar os efeitos baroclínicos causados pela descarga fluvial do sistema estuarino de Santos. O autor discorre que, na Ilha do Montão, em períodos de ventos fracos as correntes são forçadas por efeitos baroclínicos, aparentemente sofrendo também influência do sistema estuarino de Santos.

Em Peruíbe, durante o inverno, foi constatada a presença de forçantes baroclínicas, sendo estas atribuídas às águas provenientes do sul, com influência do Rio da Prata. O mesmo efeito pode ter ocorrido na Plataforma Paranaense onde, durante todos os fundeios, o vento não foi capaz de suplantar os efeitos causados pela descarga fluvial do Complexo Estuarino de Paranaguá e possivelmente exista a influência de águas provindas de estuários abaixo da área de estudo, como Guaratuba e São Francisco do Sul.

Para avaliar a importância e a influência dos processos de baixa e alta frequência na intensidade das correntes foram calculadas as variâncias das componentes longitudinais e transversais. Percebe-se que mais de 65% das variações das correntes perpendiculares à costa são explicadas pelas oscilações com períodos maiores que 40h e que, para as correntes paralelas à costa, mais de 85% das variações são explicadas por oscilações maiores que 40h. Diversos trabalhos apresentam valores próximos aos encontrados no estado do Paraná, com pequenas diferenças principalmente nas componentes perpendiculares à costa, com percentagens mais baixas do que as encontradas por este estudo (COSTA (2009); MAZZINI (2009); HIRATA (2008); TEIXEIRA (2006); RIVAS (1997)).

COSTA (2009) constatou que ocorre um aumento na energia dos picos de maior período conforme há um aumento na profundidade da corrente, demonstrando que as altas frequências ganham maior importância relativa. Especula-se que isto possivelmente também ocorreu neste presente trabalho, porém sem a possibilidade de verificação por haver dados em somente uma profundidade.

Ao analisar o cálculo do espectro de potência de alta frequência, com o mesmo intuito de determinar em qual periodicidade ocorre o maior aumento da intensidade das correntes para a componente longitudinal, percebe-se que existe um quadro complexo, uma vez que somente nos meses de agosto a outubro de 2006 e março a maio de 2007 os picos mostram-se semelhantes, sendo os de maior amplitude encontrados nos períodos de 15,5h, 12,5h e 24h. Para as coletas entre agosto e outubro de 2007 e novembro de 2007 a janeiro de 2008, ocorre uma grande mudança neste padrão, sendo os picos de maior amplitude nos períodos de 12,5h, 15-20h e 27,5h, e nos períodos de 17,5h, 29h e 35h, respectivamente.

Ao realizar esta mesma análise para a componente transversal da corrente observa-se um padrão bem definido. As maiores amplitudes são verificadas nos picos de períodos de 12,5h, 6,5h, 24h e 8,5h para os dois primeiros fundeios; uma pequena inversão foi notada nos períodos de agosto a outubro de 2007 e novembro (2007) a janeiro (2008) com os maiores picos encontrados no período de 12,5h, 24h, 6,5h e 8,5h.

Percebe-se que, neste caso, a componente de maré semidiurna M2 é a que possui, entre todas as componentes, o maior nível de energia para todos os fundeios, seguida da componente M4 (para os dois primeiros fundeios) ou K1 (para os dois últimos). As componentes encontradas no presente trabalho são as mesmas verificadas em trabalhos como o de ZAVIALOV *et al.*, (2002), LASS & MOHRHOLZ (2005) e COSTA (2009), porém com amplitudes mais baixas.

4.3 Temperatura

A temperatura da água apresentou diferenças relacionadas a padrões sazonais, sendo as maiores encontradas nos fundeios de verão e primavera e as mais baixas encontradas no fundeio de inverno. Apesar de ser incomum, os picos de temperaturas mais altas entre outubro a dezembro de 2006 e entre novembro de 2007 a janeiro de 2008 estão relacionados com a passagens de ventos S, que trazem águas mais quentes para a região.

Desta forma, esta diferença de temperatura possivelmente esteja relacionada com águas que são despejadas pelo Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) no verão, período este considerado como o mais chuvoso e com menos entradas de frentes frias. Segundo ANGELOTTI (2008), durante os ventos do quadrante sul, associados à passagem das frentes, a pluma do CEP se desloca para norte em uma faixa estreita junto à costa, com os ventos mudando novamente para nordeste e a pluma se dispersando sobre as águas da plataforma para o Sul, sendo rapidamente misturada.

Outra hipótese para estas águas mais quentes durante estas passagens de frentes frias seria que o vento sul causaria um empilhamento de águas na região, o que poderia causar o aquecimento destas águas, havendo uma diminuição do fluxo de água mais fria pelo fundo.

Entre março e maio de 2007 este padrão é inverso, uma vez que as passagens de ventos trazem águas de temperatura mais frias provenientes dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Já entre agosto até o início de outubro de 2007, as temperaturas se mantêm baixas e os ventos de S não são significativos a ponto de causar um aumento ou diminuição nestas; já a partir de outubro os ventos de S são responsáveis pelo aumento nas temperaturas.

4.4 Salinidade

Apesar das pequenas séries de salinidade apresentadas neste estudo (entre os dias 11/10 de 2006 e 31/10 de 2006 para o primeiro fundeio, entre os dias 16/03 de 2007 e 10/04 de 2007 para o segundo período de coleta e entre os dias 1/11 de 2007 e 18/11 de 2007 para o terceiro), estas são diferentes entre os três fundeios em que as medidas puderam ser utilizadas. Outubro de 2006 apresenta as maiores salinidades e a maior amplitude entre mínimos e máximos com variações de 3 g.kg^{-1} , sendo estes similares a novembro de 2007, que apresenta a mesma amplitude. No entanto, este último apresenta as menores salinidades, enquanto que março de 2007 apresenta salinidades intermediárias se comparados com os outros.

Os valores encontrados corroboram os encontrados por ANGELOTTI (2008) em profundidades semelhantes. Devido a problemas do sensor do equipamento durante o fundeio de agosto a outubro de 2007, os dados não puderam ser comparados.

Entretanto, segundo o autor, foi observada uma diminuição da salinidade durante o inverno causada pelo acúmulo de água de baixa salinidade junto à costa e pela presença da Frente Subtropical de Plataforma (FSP), formada principalmente pelas águas do Rio da Prata com contribuição de outras águas continentais, como da lagoa dos Patos. Essa frente chega a influenciar a Plataforma Paranaense devido à persistência dos ventos do quadrante sul e a presença da FSP seria a responsável pelas baixas salinidades observadas durante as campanhas de inverno.

Novas hipóteses estão sendo discutidas sobre o alcance da influência da Frente Subtropical de Plataforma, que separa as águas costeiras, principalmente a água do Rio da Prata e da lagoa dos Patos, da água tropical.

Segundo esta hipótese esta frente não ocorreria na plataforma mais interna do litoral paranaense sendo que as águas de baixa salinidade encontradas na plataforma continental interna paranaense são águas costeiras formadas pela

contribuição de todas as desembocaduras situadas ao sul da área e não particularmente a FSP. Apesar desta hipótese ainda não existem registros e estudos suficientes para qualquer confirmação.

De qualquer forma estas informações confirmam a influência das desembocaduras dos estuários e rios nas proximidades da área de estudo no comportamento das correntes, podendo modificar a velocidade e a direção das correntes devido a efeitos baroclínicos que não foram suplantados pelos ventos.

4.5 Outros processos

Muitas das diferenças encontradas entre este presente trabalho e os trabalhos acima citados podem ter ocorrido, principalmente, pela baixa profundidade (10 m) onde foi instalado o correntômetro/ondógrafo. Soma-se o fato do equipamento ter sido mantido preso ao fundo e não há alguns metros acima do substrato marinho, como na maioria dos trabalhos citados. No entanto, apesar destas marcadas diferenças, é interessante notar que muitos dos resultados aqui encontrados foram corroborados por estes trabalhos.

Como mencionado anteriormente, os quatros fundeios foram localizados onde existe uma variação brusca do fundo oceânico ao largo (Figura 46), o que pode ter influenciado no comportamento das correntes medidas.

CECILIO (2006) demonstra que desvios das águas que se deslocam paralelamente à costa ocorrem como ajuste geostrófico às variações da orientação das isóbatas. Estas, apesar de não acentuadas, são decisivas na determinação do posicionamento tridimensional das correntes em uma plataforma marcada por baixas declividades e contorno batimétricos paralelos à linha de costa na Plataforma Continental Sudeste e Sul do Brasil.

Outra possível causa para estas diferenças é a descarga de águas menos salinas do CEP. Esta influência também foi encontrada por SOARES (2003) *apud* CECILIO (2006), onde o autor relata que as correntes paralelas à costa e a

variação da elevação do nível do mar na costa foram mais intensas na presença da descarga de água doce, sendo estas relacionadas à estratificação.

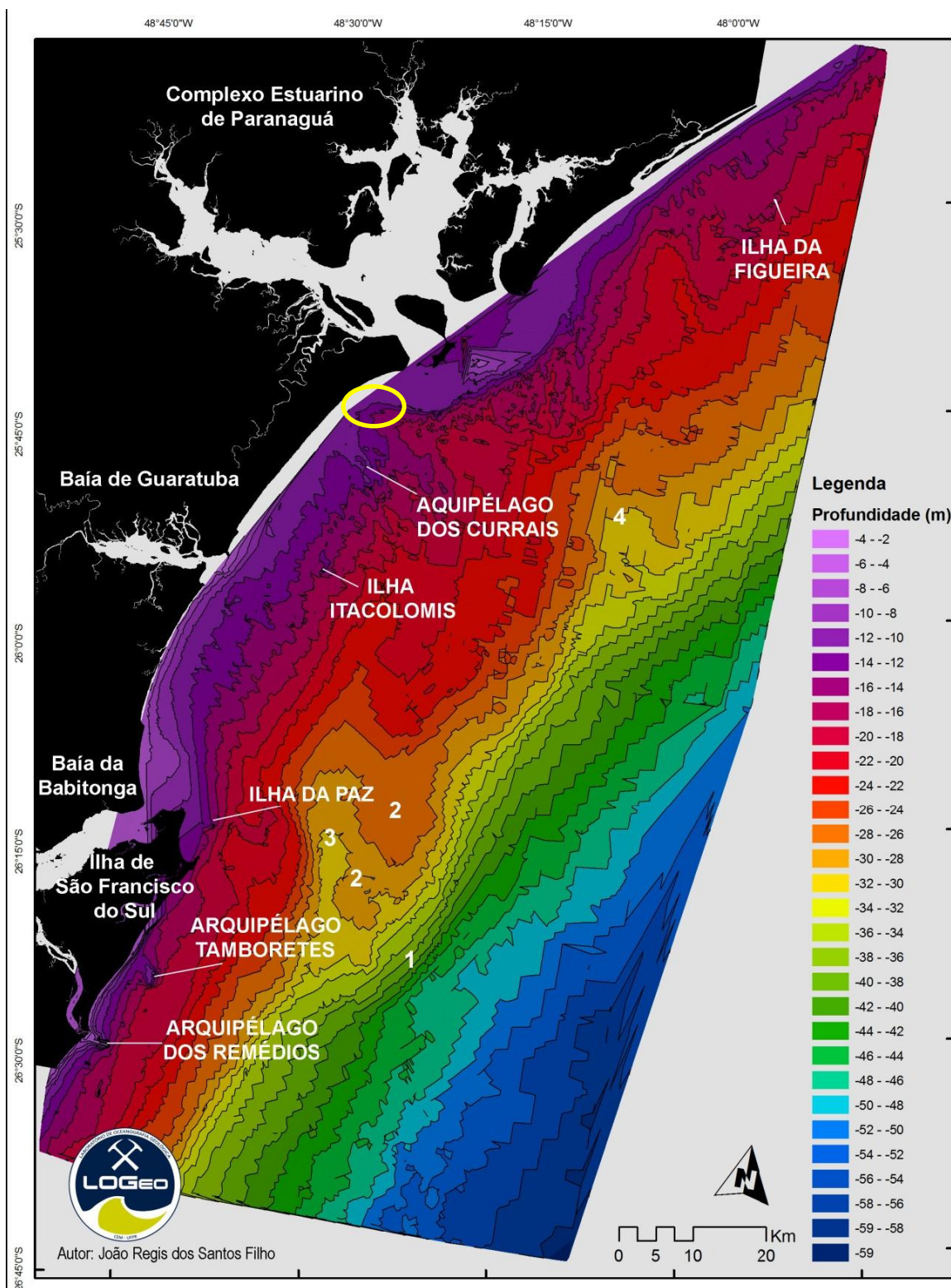


FIGURA 46 - MAPA BATIMÉTRICO DA PLATAFORMA CONTINENTAL DO ESTADO DO PARANÁ E SANTA CATARINA: (1) ESTRANGULAMENTO NA FAIXA DE PROFUNDIDADE DE 34-44 M; (2) PLATÔS; (3) MAIOR INFLEXÃO; (4) MENOR INFLEXÃO.

FONTE : SANTOS-FILHO (2009).

Assim, os resultados demonstram mudanças significativas na circulação gerada pelo vento com a presença de águas fluviais costeiras e de maré, o que também foi verificado por MAZZINI (2009), na região de Santos e próximo a Ilha de Montão.

De acordo com LENTZ *et al.*, (2001), a componente transversal sub-inercial das correntes na plataforma interna é forçada pelo gradiente de pressão e, em menor grau, pela componente transversal da tensão do cisalhamento do vento.

A circulação de alta-escala em mar aberto também pode produzir correntes de plataforma de média e baixa frequência (CSANADY (1978); BEARDLEY & WINANT (1979)), influenciando na circulação costeira. No entanto, devido às medidas realizadas neste trabalho, isto não pôde ser avaliada, mas torna-se importante salientar que este processo não pode ser desconsiderado.

Enfim, pode-se verificar que os campos de ventos, correntes e elevação do nível do mar possuem uma distribuição heterogênea ao longo de todos os fundeios. Assim, diferentes períodos atuam ao longo da série, ressaltando a não estacionariedade destes sinais.

Muitas das dúvidas e sugestões apresentadas neste trabalho poderão ser futuramente sanadas, uma vez que foram realizados outros cinco fundeios, em diferentes locais e profundidades dos apresentados neste trabalho. Em alguns destes fundeios o equipamento utilizado foi o *Acoustic Doppler Profiler* (ADP), que faz medições em toda a coluna de água. Somam-se a estes fatores a duração de tempo de fundeio de alguns destes equipamentos, que foi superior ao apresentado neste trabalho e em diferentes épocas, objetivando obter mais informações e uma melhor caracterização geral da área.

Além destes fundeios realizados, estão programados ainda outros fundeios na Plataforma Continental Interna Paranaense, que contribuirão para o entendimento da influência dos processos de mesoescala nas correntes costeiras. Complementarmente, serão geradas informações sobre a influência de dois estuários adjacentes do litoral paranaense nas correntes costeiras locais, entendimento das correntes costeiras em resposta as ondas e a relação entre massas de água e as correntes costeiras.

5. CONCLUSÕES

Analisando os dados de correntes, visualiza-se que as correntes de fundo possuem uma forte relação com a temperatura da água do mar. Correntes fortes associadas a ventos S aumentam a temperatura da água, durante os períodos de primavera e verão, e diminuem a temperatura da água durante os períodos de outono e inverno, demonstrando que esta influência tem uma variabilidade sazonal.

A passagem de sistemas frontais sobre a região foi determinante na intensidade das correntes, uma vez que períodos com uma maior quantidade de passagem de frentes apresentaram correntes mais intensas. Desta forma, ocorreram correntes mais fracas entre outubro a dezembro de 2006 e gradualmente houve um aumento na intensidade destas correntes até chegar no período de novembro de 2007 a janeiro de 2008, o que poderia explicar o porque dos períodos de primavera de 2006 apresentarem valores bem abaixo dos valores encontrados para a primavera-verão de 2007.

Diante dos resultados obtidos conclui-se que: a) quando existe a correlação entre as ondas e as correntes de fundo, estas ocorrem com uma defasagem de tempo; b) a correlação entre os ventos e as ondas é mais visível, pois ventos fortes, principalmente de S/SE, causam aumento da altura significativa das ondas sem qualquer defasagem no tempo e; c) a correlação entre os ventos e as ondas foi pouco significativa, pois mesmo a passagem de ventos fortes provindos de S ou NE não causaram um aumento das correntes de forma direta; esta menor correlação pode ser explicada como resultado da profundidade do fundeio e por não haver medidas mais próximas da superfície, que poderiam indicar esta interação.

Assim, acredita-se que os processos com períodos menores que 40 horas (frequências intramareais), se mostraram menos significativos do que os processos submareais, em relação à circulação geral da região de estudo.

Assim, as primeiras medições de séries temporais de dados de ondas e correntes da plataforma paranaense apresentadas neste trabalho poderão ser

utilizados na compreensão de processos costeiros locais de curto e grande período, para a melhor compreensão da dinâmica da zona costeira paranaense.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBEROLA, C. MILLOT, C. 2003. **Circulation in the French mediterranean coastal zone near Marseilles: the influence of wind and the Northern Current.** Continental Shelf Research, 23, 587-610.

ANGELOTTI, R. 2008. **Variabilidade da Pluma e da Estratificação Termo-Halina na desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá e Plataforma Continental adjacente.** 153f. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Setor de Ciências da Terra. Universidade Federal do Paraná.

AMORIM, F. N. 2005. **Caracterização oceanográfica da baía de Camamu e adjacências e mapeamento das áreas de risco a derrames de óleo.** Tese (Doutorado). Universidade Federal da Bahia, Salvador, Brasil.

ANGULO, R. J., 1993. **Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas.** Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba. 41: 52-72.

ANGULO, R. J.; 1996. **Problemas Na Terminologia de Ambientes e Subambientes Litorâneos Clásticos Dominados Por Ondas.** Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba, v. 44, p. 51-57.

ANGULO, R. J., 2004. **Aspectos físicos das dinâmicas de ambientes costeiros, seus usos e conflitos.** Desenvolvimento e Meio Ambiente, n. 10, p. 175-185, jul./dez. 2004. Editora UFPR.

BANDEIRA, J. V. (1974). **Estudo estatístico das ondas ao largo da Baía de Paranaguá.** Porto Alegre. 81 f. Dissertação (Mestrado em Hidrologia Aplicada) – Setor de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BEARDSLEY, R. C.; WINANT, C. D. 1979. **On the mean circulation in the Mid-Atlantic Bight.** Journal of Physical Oceanography, 9, 612-619.

BROWN, J.; COLLING, A.; PARK, D.; PHILLIPS, J.; ROTHERY, D.; WRIGHT, J.; 1997. **Waves, Tides and Shallow-water processes.** Open University Course Team. Wheatons, Exeter, UK. p.187.

CAMARGO, R.; MARONE, E. 1995. Comportamento do vento de superfície em Pontal do Sul (PR, Brasil): análise preliminar. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 6, 1995, Mar del Plata. Resumos... p. 63-63.

CASTRO, B. M. 1996. **Correntes e massas de água da plataforma continental norte de São Paulo.** 248 f. Tese de Livre-docência – Universidade de São Paulo, São Paulo.

CASTRO, B. M. *et al.* 2005. **Multidisciplinary oceanographic processes on the western Atlantic continental shelf between 4°N and 34°S (4,W).** In: ROBINSON, A. R.; BRINK, K. H. **The Sea**. vol. 14. Harvard. p. 259-293.

CASTRO, B. M., LORENZETTI, J. A., SILVEIRA, I. C., MIRANDA, L. B. (2006). **Estrutura Termohalina e Circulação na Região entre o Cabo de São Tomé (RJ) e o Chui (RS).** In: O Ambiente Oceanográfico da Plataforma Continental e do Talude na Região Sudeste-Sul do Brasil. EdUSP.

CASTRO, B. M., LEE, T. (1995). **Wind-forced sea level variability on the southeast Brazilian shelf.** Journal of Geophysical Research; Vol. 100; Issue: C8, PBD: 15 de agosto de 1995, 100, pp. 16045-16056.

CASTRO B. M.; MIRANDA L. B.; 1998. **Physical oceanography of the western Atlantic continental shelf located between 4°N and 34°S.** The Sea, 11: 209-251

CECILIO, R. O. 2006. **Estrutura Tridimensional das Correntes geradas pelo vento na Plataforma Continental da Região Sul do Brasil.** 100f. . Dissertação (Mestrado em Ciências, Oceanografia Física) Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.

COELHO, A. L. 2008. **Resposta da Plataforma Continental Sudeste a ventos sazonais e sinóticos de verão: estudos numéricos.** 188f. Tese (Doutorado, Oceanografia Física) – Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2009.

COSTA, R. L de. **Estudo sobre a variabilidade sazonal e da estrutura vertical das correntes costeiras da plataforma interna, ao largo de Rio Grande-RS.** Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física, Química e Geológica) – Instituto de Oceanografia, Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2009.

CPTEC.Centro de Estudos de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos **Síntese Sinótica Mensal.** Disponível em: <
<http://www7.cptec.inpe.br/noticias/faces/noticias.jsp?idConsulta=&idQuadros=109>>
Acesso em: 6/4/2009.

CSANADY, G. T. 1978 **The arrested topographic wave.** Journal of Physical Oceanography, 8, 47-62.

EMERY, W. J; THOMSON, R. E. (2001). **Data Analysis Methods in Physical Oceanography.** 2. ed. Amsterdam. Elsevier. 638 p.

FAWCETT, A.L.; PITCHER, G.C.; SHILLINGTON, F.A.; 2008. **Nearshore currents on the southern Namaqua shelf of the Benguela upwelling system.** Continental Shelf Research, v.28, p.1026–1039.

FRANCO, A. S. 1988. ***Tides - Fundamentals, Analysis and Prediction***. 2º Ed., Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica (FCTH), São Paulo, Brasil. 249pp.

HIRATA, F. E. 2008. **Variabilidade de nível de correntes de baixa frequência na plataforma externa de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande – FURG.

HERQUETE, A.; HEMDANE, Y.; ANTHONY, E. J.; 2008. **Sediment transport under wave and current combined flows on a tide-dominated shoreface, northern coast of France**. Marine Geology, v.249. p. 226–242

KOMAR, P. D., 1998. **Beach process and sedimentation**. Prentice-Hall. Nova Jersey. 544p.

LAMOUR, M. R., 2007. **Morfodinâmica Sedimentar da Desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá –PR**. Paraná, 162 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

LANA, P. C; MARONE, E.; LOPES, R. M.; MACHADO, E.C. 2000. The subtropical estuarine complex of Paranaguá Bay, Brazil. In: SEELIGER, U.; LACERDA, L. D; KJERFVE, B. (Ed.). Coastal Marine Ecosystems of Latin America. Berlin: Springer-Verlag, 2000. p. 131-145.

LASS, H. U.; MOHRHOLZ, V.; 2005. **On the fluctuations and vertical structure of the shelf circulation off Walvis Bay, Namibia**. Continental Shelf Research, v.25. p. 1473–1497.

LENTZ, S.; CARR, M.; HERBERS, T. H. C. 2001. Barotropic Tides on the Carolina Shelf, **Journal Physical Oceanography**. 31(7), 1843-1859.

LIMA, M. G. P.; (2008). **Controle da Erosão em Praias Arenosas pelo Método de Recifes Submersos: Praia Brava De Matinhos – PR**. Pontal do Paraná. f. 91. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

LUEDEMANN, E. F., 1991. **Contribuição ao Estudo das Correntes de Superfície sobre a Plataforma Continental do Estado de São Paulo, Brasil (Lat. 24-25°01'S até Long. 45°40'W)**. Bol. Inst. Oceanogr., 28, 47-53.

MARONE, E. (1989). **Processamento e análise de dados de maré. Discurso dos Métodos**. Programa de Múltiplos Filtros.

MARONE, E. & CAMARGO, R. de, 1994. **Marés meteorológicas no litoral do Estado do Paraná: o evento de 18 de agosto de 1993**. *Nerítica*. 8(1-2). p.73-85.

MARONE, E; Guimarães, M. R. F.; CAMARGO, R.; PRATA JUNIOR, V. P. & KLINGEFUSS, M. S. 1995. **Caracterização física das condições oceanográficas, meteorológicas e costeiras das zonas estuarinas da Baía de Paranaguá.** In: Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar, 6. Mar del Plata, Argentina. Resumos. P. 129.

MARONE, E; MANTOVANELLI, A; NOERNBERG, M. A; KLINGEFUSS, M. S, LAUTERT, L. F. C & PRATA JUNIOR, V. P. 1997. **Caracterização Física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá.** Pontal do Paraná: UFPR. v. 2. Relatório Consolidado do convênio APPA/CEM.

MARONE, E. *et al.* 2005. **Land-Ocean Fluxes in the Paranaguá Bay estuarine system, southern Brazil.** Brazilian Journal of Oceanography, 53:169-181.

MARTIN, F. 1992. **Etude de l'écosystème mangrove da la baie de Paranaguá (Paraná, Brésil):** analyse des impacts et propositions de gestion rationnelle. 289f. These de Doctorat – UFR de Biologie, Université de Paris, Paris.

MARTINS, G. J., 2004. **Dinâmica da Zona de Rasa de Shoaling e o Transporte de Sedimentos na Desembocadura Sul do Complexo Estuarino de Paranaguá – PR.** Boletim Paranaense de Geociências, n. 54, p. 51-64, 2004. Editora UFPR.

MATSUURA, Y., 1975. **A Study of Surface Currents in the Spawning Area of Brazilian Sardine.** Bolm. Inst. Oceanografia., 24, 31-44.

MAZZINI, P. L. 2009. **Correntes Subinerciais na Plataforma Continental Interna entre Peruíbe e São Sebastião: Observações.** 131f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Oceanografia Física) Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.

MIRANDA, L. B de; CASTRO, B. M. de; KJERVE, B. **Princípios de Oceanografia Física de Estuários.** São Paulo: Edusp, 2002.

MÖLLER, O. O., PIOLA, A. R., FREITAS, A. C.; CAMPOS, E. J. 2008. **The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America.** Continental Shelf Research, 28, 1607-1624.

MOREIRA, M, H, R. 1999. **Circulação na Plataforma Interna do Litoral Norte do Estado de São Paulo.** 153f. Dissertação (Mestrado Oceanografia Física), Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil

NARVÁEZ, D. A.; LEIVA, E. P. G.; HERNÁNDEZ, E; CASTILLA, J. C.; NAVARRETE, S. A. 2004. **Seasonal and spatial variation of nearshore hydrographic conditions in central Chile.** Continental Shelf Research, v. 24. p. 279–292.

NOERNBERG, M. A., 2001. **Processos morfodinâmicos no complexo estuarino de Paranaguá - Paraná - Brasil. Um estudo a partir de dados in situ e LandSat TM.** Tese de doutorado. Universidade Federal do Paraná. Curitiba. 180 p.

NOERNBERG, M. A. *et al*, 2007. **Características Hidrográficas da Plataforma Rasa Paranaense.** Projeto de Pesquisa – Descrição detalhada: CNPq Edital Universal no 15/2007.

PIOLA, A. R.; MÖLLER, O. O.; GUERRERO, R. A.; CAMPOS, E. J. 2008. **Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and Summer 2004.** Continental Shelf Research, 28, 1639-1648.
PORTOBRAS – EMPRESA DE PORTOS DO BRASIL S. A., 1983. **Campanha de medições de ondas em Paranaguá-PR no período de 21/08/1982 a 21/01/1983.** INPH – DIDELE. Rio de Janeiro. 90p.

QUADROS, C. J. L. 2002. **Morfodinâmica praial associada a passagens de sistemas frontais em duas praias arenosas no litoral paranaense.** 57f. Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

RIVAS, A. L.; 1997. **Current-meter observations in the Argentine Continental Shelf.** Continental Shelf Research, Vol. 17, No. 4, p. 391—406.

SANTOS FILHO, J. R. dos. 2009. **Geomorfologia da Plataforma Continental do Estado do Paraná e Norte de Santa Catarina.** 65f. Monografia (Oceanografia) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Pontal do Paraná.

SMITH, N. P. 2009. **The influence of wind forcing on across-shelf transport in the Florida Keys.** Continental Shelf Research, 29, 362-370.

SOARES, I.; MÖLLER, O. Jr.; 2001. **Low-frequency currents and water mass spatial distribution on the southern Brazilian shelf.** Continental Shelf Research, v.21. p. 1785–1814.

SOARES, I. D. 2003. The Southern Brazilian Shelf Buoyancy – Driven Currents. Ph.D. Dissertation, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science – University of Miami. Miami, USA. 317pp.

SOUZA, M. C. de A. (2000). **A Corrente do Brasil ao largo de Santos: medições diretas.** 169f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Área de Oceanografia Física) – Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.

SOUZA, R. B; ROBINSON, I. S. 2004. **Lagrangian and satellite observations of the Brazilian Coastal Current.** Continental Shelf Research, 24,241-262.

TEIXEIRA, C. E. P. 2006. **Caracterização e Variabilidade da Hidrodinâmica da Zona Costeira adjacente ao Banco de Abrolhos**. 109f. Dissertação (Mestrado em Ciências, Oceanografia Física) Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo. São Paulo.

VEIGA, F. A., 2005. **Processos Morfodinâmicos e Sedimentológicos na Plataforma Continental Rasa Paranaense**. Paraná, 193 f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

VEIGA, F. A; ANGULO. R. J.; MARONE, E.; BRANDINI, F. P.; CARRILHO, J. C. 2003. **Medidas de Velocidade de Corrente e Vazão da Plataforma Interna Paranaense Utilizando Perfilador de Corrente Acústico Doppler –ADCP**. In: Congresso Brasileiro da Associação Brasileira do Quaternário, IXC, 2003. Recife. Resumos.

WRIGHT, L. D., 1995. **Morphodynamics of inner continental shelves**. CRC Marine Science Series. Florida - EUA. 241 p.

ZAVIALOV, P.; MÖLLER, O. Jr; CAMPOS, E. 2002. **First direct measurements of currents on the continental shelf of Southern Brazil**. Continental Shelf Research, v 22. p 1975-1986.